



Tugas Akhir - TL141584

ANALISIS PENGARUH WAKTU DEPOSISI PADA PROSES PVD TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT MEKANIK DAN ANTIMICROBIAL LAPISAN TIPIS Ag-TiO₂

PRADITA KUSUMAH WARDANI
NRP. 02511440000044

DOSEN PEMBIMBING :
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc.
Prof. Dr. Rer. Nat. Tri Mardji Atmono

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - TL 141584

Analisis Pengaruh Waktu Deposisi pada Proses PVD terhadap Morfologi, Sifat Mekanik, dan Antimicrobial dari Lapisan Tipis Ag-TiO₂

PRADITA KUSUMAH WARDANI
NRP. 02511440000044

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

Study of The Effect of Time Deposition on PVD Process on Morphological, Mechanical, and Antimicrobial Properties of The Thin Film Ag-TiO₂

PRADITA KUSUMAH WARDANI
NRP. 02511440000044

ADVISORS :

Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.

Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.

Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

DEPARTMENT OF MATERIALS ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

**ANALISIS PENGARUH WAKTU DEPOSISI PADA
PROSES PVD TERHADAP MORFOLOGI, SIFAT
MEKANIK, DAN ANTIMICROBIAL DARI LAPISAN
TIPIS Ag-TiO₂**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Insititut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PRADITA KUSUMAH WARDANI

NRP. 02511440000044

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. (Pembimbing I)
Amaliya Rasyida, S.T., M.Eng. (Pembimbing II)
Prof. Dr. rer.nat. Tri Anglin Almondo (Pembimbing III)





(halaman ini sengaja dikosongkan)



**Analisis Pengaruh Waktu Deposisi pada Proses PVD
terhadap Morfologi, Sifat Mekanik, dan Antimicrobial dari
Lapisan Tipis Ag-TiO₂**

Nama : Pradita Kusumah Wardani
NRP : 0251144000044
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

ABSTRAK

Dalam dunia medis, Stainless Steel 316L telah dikenal sebagai material utama dari banyak macam peralatan medik dan implant tulang dikarenakan memiliki ketahanan korosi yang baik, namun material ini tidak memiliki sifat antimicrobial sehingga bakteri masih dapat tumbuh di permukaannya. Sifat antimicrobial itu sendiri adalah kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri seperti yang dimiliki oleh beberapa logam seperti perak (Ag), tembaga (Cu) dan emas (Au). Namun ada juga senyawa yang merupakan titanium alloy yaitu titanium dioksida (TiO₂) yang ternyata juga memiliki kemampuan antimicrobial. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan material target berupa logam Ag dan material TiO₂ yang dijadikan mozaik target pada proses pembentukan lapisan tipis menggunakan metode Physical Vapour Deposition RF Sputtering. Metode mozaik digunakan untuk menggabungkan kedua material tersebut sehingga terdeposit pada substrat SS316L. Variasi waktu deposisi yang digunakan yaitu 30, 40, 50 dan 60 menit yang kemudian dilakukan analisis pengaruhnya terhadap morfologi, mekanik dan antimicrobial dari lapisan tipis yang terbentuk. SEM-EDX, XRD, AFM, kekuatan adhesi, dan kemampuan antimicrobial secara in vitro dilakukan untuk karakterisasi lapisan tipis. Perbedaan waktu deposisi menyebabkan perbedaan ketebalan lapisan tipis Ag-TiO₂ yang



terdeposited ke permukaan substrat. Sampel dengan waktu deposisi 60 menit menghasilkan ketebalan lapisan yang paling tinggi karena banyaknya partikel Ag dan TiO_2 yang terdeposit ke permukaan substrat. Semakin banyaknya partikel Ag yang terdeposit menyebabkan permukaan sampel semakin kasar dikarenakan terbentuknya aglomerat Ag pada permukaan sampel. Selain itu, dengan semakin banyaknya TiO_2 yang terdeposit ke permukaan sampel menyebabkan naiknya sifat mekanik dari lapisan tipis. Kemampuan antimicrobial dari lapisan tipis juga semakin meningkat seiring dengan bertambahnya partikel Ag dan TiO_2 pada permukaan substrat. Sehingga didapatkan kemampuan antimicrobial terbaik pada waktu deposisi 60 menit.

Keywords : *antimicrobial, SS 316L, logam Ag, TiO_2 , PVD RF Sputtering.*



**Study of The Effect of Time Deposition on PVD Process on
Morphological, Mechanical, and Antimicrobial Properties of
The Thin Film Ag-TiO₂**

Name : Pradita Kusumah Wardani
NRP : 02511440000044
Department : Teknik Material dan Metalurgi
Advisors : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

ABSTRAK

In the medical application, Stainless Steel 316L has been known as medical equipment and bone implants due to its good corrosion resistance, however this material does not have antimicrobial properties so that bacteria can still grow on the surface. The antimicrobial property is the ability to inhibit the growth of bacteria such as those possessed by some metals such as silver (Ag), copper (Cu) and gold (Au). But there is also a compound which is titanium alloy that is titanium dioxide (TiO₂) which also has antimicrobial property. Therefore, Ag and TiO₂ material are used as the target material in the formation process of thin film using Physical Vapor Deposition RF Sputtering method on SS 316L. The mozaic method is applied to deposit on the SS316L substrate. Deposition time variation was also applied in this study, which were 30, 40, 50 and 60 minutes to analyze the effect on the morphological, mechanical and antimicrobial of the thin layer formed. SEM-EDX, XRD, AFM, adhesion strength, and in vitro antimicrobial capability are performed for thin layer characterization. The time difference of the deposition causes the different thickness of Ag-TiO₂ thin layer deposited onto the surface of the substrate. The thickest thin layer is in the sample with a 60-minutes deposition time which has the highest Ag-TiO₂ particles on it. The more content of the deposited Ag causes the surface of



the sample rougher due to agglomeration of Ag on the surface of the sample. Moreover, as more TiO_2 is deposited onto the surface of the sample, the rise in mechanical properties of the thin film. In addition, the antimicrobial ability of the thin film also increases with the addition of the Ag and TiO_2 particles. Thus, the best antimicrobial ability is with 60 minutes deposition time.

Keywords : *antimicrobial, SS 316L, Ag plate, TiO_2 , PVD RF Sputtering.*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T karena atas rahmat dan karuniaNya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh Waktu Deposisi pada Proses PVD terhadap Morfologi, Sifat Mekanik, dan Antimicrobial dari Lapisan Tipis Ag-TiO₂**”.

Sholawat serta salam tidak lupa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW, keluarga serta para sahabatnya yang senantiasa turut berjuang di jalan Allah SWT. Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Allah S.W.T atas rahmat dan karuniaNya
2. Keluarga penulis yang selalu mendukung penulis dalam penulisan tugas akhir ini
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng , selaku dosen pembimbing I yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan nasihat.
5. Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono, selaku pembimbing III yang telah memberikan ilmu dan kesempatan untuk preparasi lapisan tipis Ag-TiO₂ di BATAN, Yogyakarta.
6. Ayu, wiwin, angga, leo, dan ruli yang selalu mendukung dan menyemangati penulis
7. Jeremy dan hawary selaku teman seperjuangan dalam topik tugas akhir ini
8. Teman-teman departemen Kema HMMT 16/17 yang selalu menyemangati penulis dan menghibur penulis



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

9. Keluarga MT16 yang penulis sayangi yang selalu memberi dukungan moral kepada penulis
10. Seluruh pihak yang telah memberi dukungan dan motivasi yang tidak bisa disebutkan satu per satu oleh penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Penulis berharap pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberikan kritik dan/saran untuk perkembangan teknologi menjadi lebih baik.

Surabaya 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Baja Tahan Karat Austenitik	5
2.2 Stainless Steel 316L	6
2.3 Material <i>Antimicrobial</i>	7
2.4 Perak	8
2.5 Titanium Dioksida.....	12
2.6 Teknologi Deposisi Lapisan Tipis : <i>Physical Vapour Deposition</i>	14
2.7 Mekanisme Inhibisi Ion Ag ⁺ terhadap Mikroorganisme ...	18
2.8 Aktivasi Agen <i>Antimicrobial</i> pada Perak	21



2.9 Studi <i>Antimicrobial</i> pada TiO_2	22
2.10 Metode Kirby-Bauer : Disc Diffusion Test.....	23
2.11 State of The Art	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Diagram Alir	29
3. 2 Rancangan Penelitian	31
3.3 Prosedur Penelitian.....	32
3.4 Pengujian.....	34
BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA	39
4.1 Analisa Senyawa	39
4.2 Analisa Komposisi	41
4.3 Analisa Morfologi	44
4.4 Analisa Kekuatan Adhesi	48
4.5 Analisa Antimicrobial	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
V.1 Kesimpulan.....	53
V.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN.....	xxvii
BIODATA PENULIS.....	xxxiii



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil SEM pada permukaan : (a) Ag-Ti dan (b) Ag-Nb thin films yang dideposisi menggunakan magnetron sputtering. ..9	
Gambar 2.2 Hasil AFM, height distribution pada arah-Z dan cross-section topography pada permukaan : (a) Ag-Ti dan (b) Ag-Nb thin films. 10	
Gambar 2.3 Bactericidal effect dari thin films Ag-Ti dan Ag-Nb terhadap waktu kontak dengan : (a) <i>Bacillus subtilis</i> , (b) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , (c) <i>Escherichia coli</i> , (d) <i>Enterococcus hirae</i> , (e) <i>Klebsiella pneumoniae</i> , (f) <i>Staphylococcus aureus</i> 11	
Gambar 2.4 Skema deposisi AgNPs : (a) partikel Ag mengisi celah-celah pada substrat, (b) partikel Ag menggumpal membentuk aglomerat Ag 12	
Gambar 2.5 Diagram Fasa TiO_2 14	
Gambar 2.6 Koloni <i>E. Coli</i> dalam agar plate dengan TiO_2 yang disinari selama 3 hari dengan : (a) fluorescent dan (b) sinar UV 14	
Gambar 2.7 Physical Sputtering Process 15	
Gambar 2.8 Plasma pada proses sputtering 17	
Gambar 2.9 RF Sputtering diagram. 18	
Gambar 2.10 Struktur sel bakteri <i>E. Coli</i> yang berinteraksi dengan ion Ag^+ : (a) Adanya electron-light region di tengah sel bakteri, (b) condensed form dari DNA di tengah electron-light region, (c) adanya jarak antara membrane sitoplasma dengan dinding sel, (d) timbul granul pada dinding sel, (e) dinding sel dipenuhi oleh granul, (e) dinding sel hancur 20	
Gambar 2.11 Zona Inhibisi AgNPs 21	
Gambar 2.12 Uji antimicrobial dengan metode disc diffusion test 24	



Gambar 2.13 Efek fotokatalis pada lapisan tipis Ag-TiO ₂	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	30
Gambar 3.2 Diagram alir subkultur bakteri dan pengujian <i>antimicrobial</i>	31
Gambar 3.3 Metode Mozaik.....	33
Gambar 3.4 Alat pengujian SEM-EDX	34
Gambar 3.5 Alat Pengujian AFM	35
Gambar 3.6 Alat Pengujian XRD	36
Gambar 3.7 Tingkat Kekuatan Adhesi	37
Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD pada substrat S316L dan 4 sampel Ag-TiO ₂	40
Gambar 4.2 Hasil <i>Color Mapping</i> SEM-EDX lapisan tipis Ag-TiO ₂ pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit.	43
Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM dengan Perbesaran 20.000x pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit	45
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kekasaran Lapisan Tipis Ag-TiO ₂ pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit, (e) substrat SS 316L.	47
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit.	48
Gambar 4.6 Pengujian Antimicrobial Lapisan tipis Ag-TiO ₂ pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit, (e) substrat SS316L.	50



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia SS316L (Azom, 2017).....	6
Tabel 2.2 Sifat Mekanik SS316L (Azom, 2017)	6
Tabel 3.1 Rancangan penelitian tugas akhir	32
Tabel 4.1 Komposisi substrat SS316L.....	41
Tabel 4.2 Komposisi Lapisan Tipis Ag-TiO ₂	41
Tabel 4.3 Komposisi Lapisan Tipis Ag-TiO ₂ (%at).....	41
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Tipis Ag-TiO ₂ .	42
Tabel 4.5 Nilai Sa dan Sz Lapisan Tipis Ag-TiO ₂	46
Tabel 4.6 Zona Inhibisi Lapisan Tipis Ag-TiO ₂	51



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroorganisme patogen yang terdapat pada darah, saliva, atau mulut dapat mengkontaminasi tangan dari orang-orang yang bekerja dalam bidang kedokteran, termasuk juga dapat mengkontaminasi instrumen peralatan kedokteran. Saat ini, telah digunakan mesin sterilisasi alat-alat kedokteran yang menggunakan sinar UV untuk membunuh mikroorganisme yang melekat pada permukaan peralatan kedokteran. Namun nyatanya, infeksi penyakit melalui alat-alat medis yang terkontaminasi mikroorganisme masih sering terjadi, yang biasa disebut infeksi nosocomial. *Stainless Steel* 316L adalah material yang biasa digunakan untuk peralatan medis dan implant tulang karena sifat mekaniknya yang bagus dan memiliki ketahanan korosi yang baik. Namun, material ini tidak tahan terhadap mikroba karena tidak memiliki sifat *antimicrobial* pada permukaannya sehingga bakteri dapat menempel pada permukaannya dan menyebabkan infeksi. Oleh karena itu, dikembangkan peralatan medis yang dilapisi dengan lapisan tipis perak (Ag). Perak (Ag) memiliki aktivitas *antimicrobial* terhadap bakteri, fungi, protozoa, dan beberapa virus, termasuk sebagai resisten *antibiotic* (Alexandru, 2016). Pada saat ini material dengan kandungan perak sudah cukup efektif sebagai material untuk *antimicrobial*, namun interaksi antara tubuh manusia dan mikroorganisme yang *pathogen* tidak pernah berhenti sehingga muncul tantangan baru misalnya *pathogen* yang resisten terhadap perak dan mikroorganisme yang menempel di perangkat medis seperti kateter dan *orthopedics*. Infeksi yang terjadi pada *orthopedics* mengakibatkan infeksi tulang seperti Osteomyelitis (Lidgren dkk, 2003). Selain itu, lapisan perak (Ag) pada baja tahan karat tidak permanen, karena lapisan tersebut sangat tipis dan mudah pudar yang menyebabkan bahan dasar tersebut kehilangan sifat *antimicrobial* nya (Moerman, 2015). Oleh karena itu perlu adanya modifikasi lapisan tipis Ag agar dapat menambah sifat



antimicrobial dan sifat mekanik dari lapisan tipis tersebut, salah satunya dengan penambahan senyawa titanium dioksida (TiO_2) yang juga memiliki *sifat antimicrobial* dan memiliki sifat mekanik yang baik.

Penelitian ini menggunakan material perak (Ag) dan titanium dioksida (TiO_2) yang memiliki kemampuan resistensi terhadap bakteri. Kedua material tersebut dideposisikan ke substrat (*Stainless Steel 316L*) dengan metode *Physical Vapour Deposition (PVD) RF Sputtering*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh waktu deposisi terhadap morfologi dan sifat mekanik lapisan tipis yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh waktu deposisi terhadap sifat *antimicrobial* lapisan tipis yang dihasilkan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah atau variabel yang diabaikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Perubahan temperatur dalam *Chamber PVD* diabaikan
2. Tingkat kebersihan permukaan substrat dianggap sama
3. Jarak substrat terhadap material target dalam *Chamber PVD* dianggap sama pada setiap proses
4. Perubahan tekanan gas Argon dalam proses *PVD* diabaikan
5. Perubahan voltase *DC-BIAS* dalam proses *PVD* diabaikan
6. Kekasaran permukaan substrat dianggap sama

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh waktu deposisi terhadap sifat fisik dan sifat mekanik lapisan tipis yang dihasilkan

BAB I PENDAHULUAN



-
2. Menganalisis pengaruh waktu deposisi terhadap sifat *antimicrobial* lapisan tipis yang dihasilkan

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan tugas akhir yang dilakukan dapat memberikan manfaat yang luas terhadap industri dan institusi pendidikan di tanah air. Seperti memberikan informasi ilmiah untuk perkembangan teknologi industri peralatan medis tanah air atau memberikan inspirasi dan menambah wawasan untuk mahasiswa ataupun peneliti di institusi pendidikan tanah air.



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja Tahan Karat Austenitik

Kelompok baja tahan karat ini mengandung paling sedikit 16% *chromium* dan 6% *nickel* hingga paduan tinggi (*high alloy*) atau “*super austenitics*” seperti AISI 904L dan 6% *molybdenum grades*. Penambahan elemen paduan lainnya bisa dilakukan terhadap *stainless steel* ini seperti *molybdenum*, titanium atau *copper*, untuk memodifikasi atau meningkatkan sifat-sifatnya. Membuat *stainless steel* ini sangat cocok untuk pengaplikasian kondisi-kondisi kritis (*critical applications*) yang melibatkan temperatur tinggi dengan performa ketahanan korosi tidak berkurang. Grup ini juga sangat cocok untuk aplikasi material *cryogenic* (material yang beroperasi pada temperatur rendah). *Stainless steel austenitic* sebenarnya sifat-sifat struktur kristal FCC di dominasi oleh pengaruh unsur nikel. Sehingga unsur nikel mencegah kerapuhan (*brittleness*) pada temperatur rendah membuat *stainless steel austenitic* memiliki karakteristik untuk menjadi material *cryogenic*. Memiliki kandungan Ni tidak kurang dari 6% yang mengakibatkan terbentuknya struktur austenit dan memberikan sifat ulet (*ductile*). *Stainless Steel* 304, 304L, 316, 316L termasuk ke dalam tipe ini.

Dari sudut pandang metalurgi, baja tahan karat *austenitic* memiliki banyak kelebihan, di antaranya adalah baja tahan karat *austenitic* ini bisa dibuat cukup lunak dengan kekuatan sekitar 200 MPa agar mudah dibentuk oleh alat yang sama yang bekerja dengan baja karbon. Tetapi, baja tahan karat jenis ini juga bisa dibuat dengan sangat kuat karena *cold work* dan menghasilkan kekuatan lebih dari 2000 MPa. Struktur baja tahan karat *austenitic* yang merupakan FCC (*Face Centered Cubic*) juga sangat tangguh dan lentur bahkan pada temperatur nol mutlak dan juga tidak kehilangan kekuatan pada temperatur tinggi. Selain itu, ketahanan korosi dari baja tahan karat jenis ini juga paling baik, bahkan bisa



menahan korosi terhadap air laut yang mendidih (ASM International, 2008).

2.2 Stainless Steel 316L

Stainless Steel 316L merupakan versi karbon rendah dari SS316. Baja tahan karat jenis ini lebih tahan terhadap sensitisasi (presipitasi karbida pada batas butir) karena komposisi karbonnya yang sangat sedikit (tabel 2.1). Biasanya, baja tahan karat ini banyak digunakan pada komponen las dengan ukuran berat (lebih dari sekitar 6mm). Pada table 2.2, terlihat bahwa sifat mekanik dari SS 316L ini cukup baik. Struktur austenitic juga memberikan nilai ketangguhan yang sangat baik, bahkan pada temperature *cryogenic*. Dibandingkan dengan baja tahan karat kromium-nikel, baja SS316L ini memiliki ketahanan terhadap *creep* yang lebih tinggi dan kekuatan yang tinggi bahkan pada temperature tinggi. Aplikasi dari material jenis ini di antaranya adalah peralatan makan, peralatan farmasi, aplikasi pada bodi kapal, bahkan pada *medical implants* seperti *knee replacements*.

Tabel 2.1 Komposisi kimia SS316L (Azom, 2017)

Grade	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N	Fe
316L	0.03	2.0	0.75	0.045	0.03	18.0	3.00	14.0	0.10	62.045

Tabel 2.2 Sifat Mekanik SS316L (Azom, 2017)

Grade	Tensile Str (MPa)	Yield Str (MPa)	Elongation (% in 50mm)	Hardness	
				Rockwell B	Brinell
316L	485	170	40	95	217

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



SS316L telah sering digunakan sebagai biomaterial, terutama untuk *bone implant* karena memiliki ketahanan korosi yang tinggi. Menurut Alvarado, J. dkk (2003) manfaat dari stainless steel adalah:

- a) Hambatan korosi tinggi, bahan ini dapat menghambat korosi tinggi baik di atmosfer maupun dalam lingkungan air.
- b) Tahan panas dan api, campuran paduan kromium dan nikel melindungi kekuatan stainless steel dari temperatur tinggi.
- c) Sehat, stainless steel mudah dibersihkan sehingga menjadi pilihan pertama untuk bahan yang kondisi sehat, hampir setiap alat yang berhubungan dengan kesehatan seperti rumah sakit, dapur, rumah jagal dan proses makanan menggunakan stainless steel.
- d) Penampilan baik, lapisan terang membuat perawatan yang mudah pada stainless steel.
- e) Keuntungan kekuatan pada berat, sifat keras yang dimiliki stainless steel sangat bagus pada pengerjaan dingin dan bentuk yang tipis.
- f) Mudah fabrikasi, dengan modern pembuatan baja stainless steel dapat mudah dipotong, las, bentuk, dimesin dan dibuat.
- g) Tahan dipukul, kekuatan yang tinggi membuat stainless steel mampu pukul.
- h) Harga yang mahal. Ketika total ongkos dipertimbangkan, stainless steel sering menjadi opsi yang sedikit mahal

2.3 Material *Antimicrobial*

Antimicrobial atau dalam bahasa Indonesia disebut antimikroba adalah obat pembasmi mikroba, khususnya mikroba yang merugikan manusia. Salah satu contoh antimikroba alami adalah antibiotik. Antibiotik ialah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroba, terutama fungi, yang dapat menghambat atau dapat membasmi mikroba lain. Banyak antibiotik yang dibuat secara semisintetik atau sintetik penuh. Obat yang digunakan untuk



membasmi mikroba penyebab infeksi pada manusia harus memiliki sifat toksisitas selektif setinggi mungkin (Fansworth, 1969).

Namun ternyata, kemajuan teknologi telah berperan dalam ditemukannya beberapa ion-ion metal yang ternyata memiliki sifat antimikroba. Beberapa ion metal sangat berperan pada proses biologi di tubuh manusia dan telah digunakan sebagai material penyembuh dari berbagai macam penyakit sejak dulu. Peneliti telah menemukan sifat *antimicrobial* pada metal lain, diantaranya adalah Au (emas), Cu (tembaga), CuO, Cu₂O, Ti (titanium), TiO, TiO₂, dan ZnO. Seluruh material tersebut diteliti dalam ukuran skala nano dan telah terbukti memiliki sifat *antimicrobial* terhadap bakteri. Penelitian metal oksida seperti TiO₂ masih sangat sedikit dibandingkan Ag (perak) meskipun TiO₂ ini memiliki sifat mekanik yang baik dan juga memiliki sifat *antimicrobial* dan telah banyak digunakan sebagai dental implant (Moerman, 2015).

2.4 Perak

Perak adalah unsur logam dengan nomor atom 47. Simbolnya adalah Ag, dari bahasa Latin *argentum* yang artinya adalah “putih” atau “silau”. Perak telah lama dinilai sebagai logam mulia. Perak adalah salah satu logam yang memiliki konduktivitas elektrik, konduktivitas thermal, dan refleksitas yang tinggi.

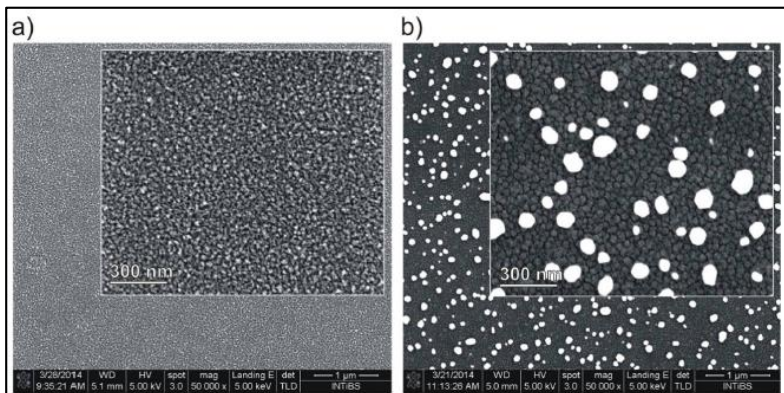
Sejak zaman kuno, ion perak telah diketahui efektif terhadap berbagai mikroorganisme. Saat ini, ion perak telah digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri dalam berbagai macam aplikasi medis, termasuk pekerjaan gigi, kateter, dan penyembuhan luka bakar. Ion perak juga digunakan untuk sejumlah tujuan nonmedis, seperti peralatan listrik. Pelepasan dari "nanosilver" seperti yang telah diaplikasikan pada mesin cuci, mesin pencuci piring, lemari es, dan tempat duduk toilet juga telah dipasarkan dan diiklankan (Jung, 2008). Perak memang diketahui memiliki kemampuan sebagai bahan untuk peralatan medis karena perak sangat efektif sebagai *anti-microbial agent* (Raghupathy, 2016). Perak memiliki nilai *toxicity* yang rendah terhadap tubuh



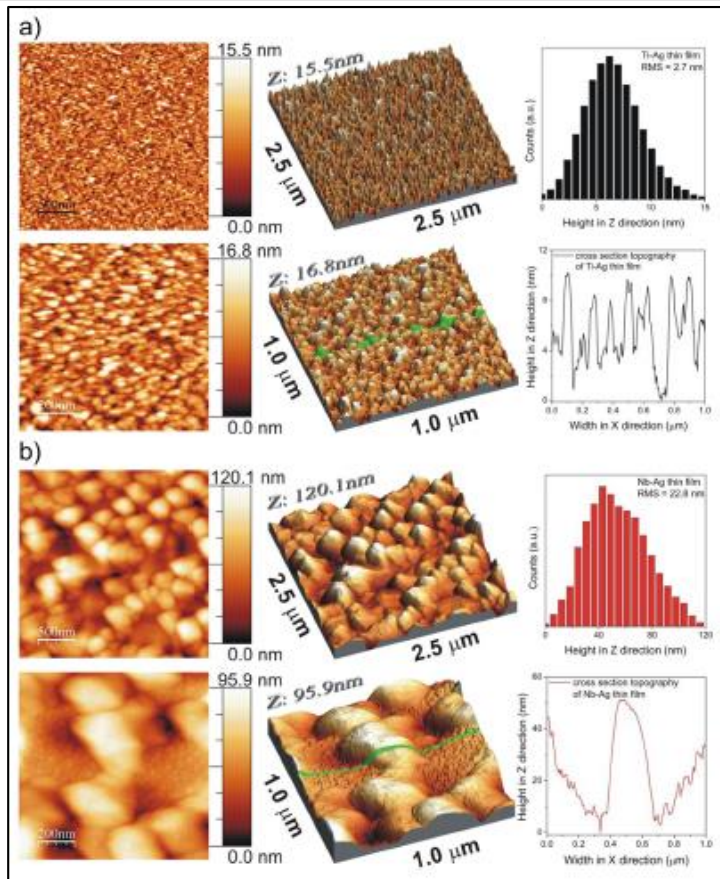
manusia dan telah diuji dengan metoda *in vivo* dan *in vitro* (Faroqui, dkk. 2010).

Aktivitas *antimicrobial* perak bergantung pada ion Ag^+ yang menyebar dari bahan substrat dan memberikan efek inhibisi yang kuat pada mikroorganisme seperti bakteri, *moulds*, dan virus. Ion Ag^+ ini cenderung lebih aktif melawan bakteri gram negatif dibandingkan dengan bakteri gram positif. Ion Ag^+ ini akan menyerang dinding sel mikroorganisme dan menyebabkan kerusakan bahkan hancurnya dinding sel mikroorganisme. Diperlukan konsentrasi ion Ag^+ yang lebih tinggi untuk ragi dan jamur, karena memiliki dinding sel yang lebih tebal (Moerman, 2015).

Penelitian mengenai peningkatan sifat mekanik dan *antimicrobial* pada Ag-Ti pernah dilakukan dengan membandingkan sifat-sifat tersebut dengan paduan Nb-Ag. Dari penelitian tersebut, hasil SEM (gambar 2.1) dan AFM pada kedua sampel (gambar 2.2) menunjukkan bahwa Ag-Ti (70% Ag) memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan Ag-Nb (80% Ag).



Gambar 2.1 Hasil SEM pada permukaan : (a) Ag-Ti dan (b) Ag-Nb thin films yang dideposisi menggunakan magnetron sputtering (Wojcieszak dkk, 2016).



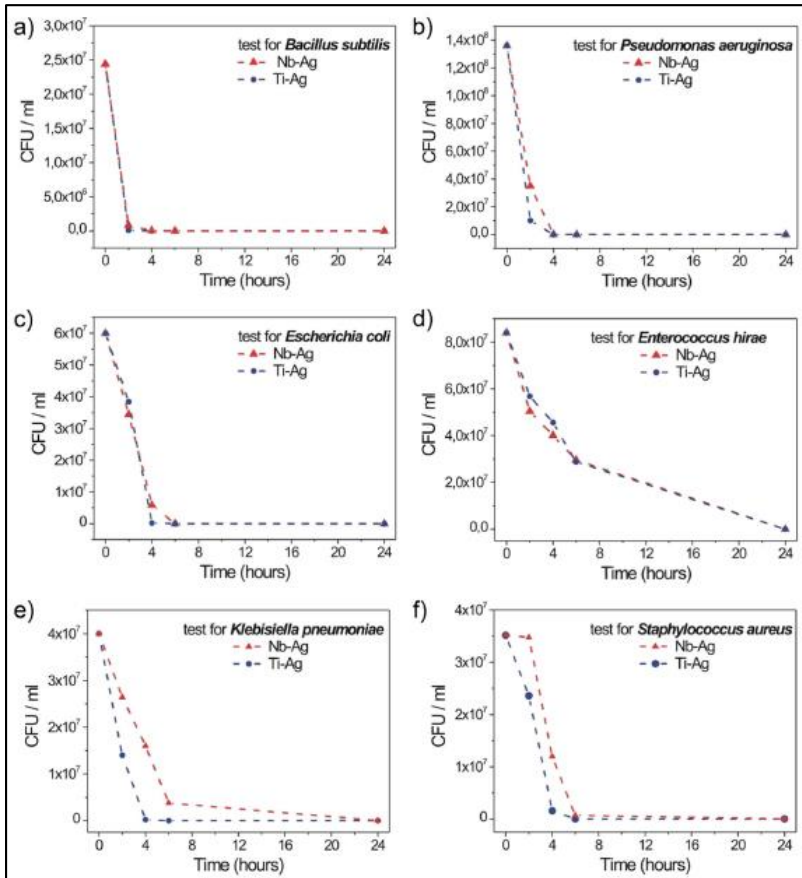
Gambar 2.2 Hasil AFM, height distribution pada arah-Z dan cross-section topography pada permukaan : (a) Ag-Ti dan (b) Ag-Nb thin films (Wojcieszak dkk, 2016).

Selain itu, efek *antimicrobial* pada Ag-Ti juga lebih baik dibandingkan Ag-Nb yang diuji menggunakan *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus hirae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* dan *Candida albicans*. Hasilnya yaitu, Ag-Ti dapat membunuh bakteri

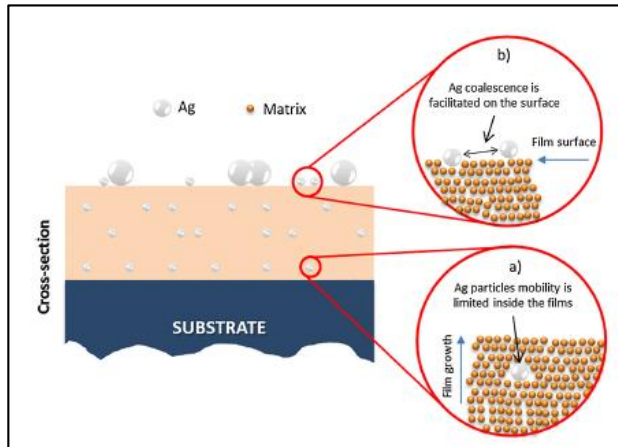
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



dan fungi lebih cepat dari Ag-Nb dalam waktu kurang dari 4 jam (gambar 2.3).



Gambar 2.3 Bactericidal effect dari thin films Ag-Ti dan Ag-Nb terhadap waktu kontak dengan : (a) *Bacillus subtilis*, (b) *Pseudomonas aeruginosa*, (c) *Escherichia coli*, (d) *Enterococcus hirae*, (e) *Klebsiella pneumoniae*, (f) *Staphylococcus aureus* (Wojcieszak dkk, 2016).



Gambar 2.4 Skema deposisi AgNPs : (a) partikel Ag mengisi celah-celah pada substrat, (b) partikel Ag menggumpal membentuk aglomerat Ag (Velasco, dkk. 2016)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Velasco, dkk 2016 menjelaskan bahwa pada saat dilakukan deposisi Ag maka nanopartikel Ag terlebih dahulu masuk ke celah-celah yang ada pada substrat sehingga membuat permukaan menjadi halus. Namun, semakin banyak nanopartikel Ag yang terdeposit membuat nanopartikel ini cenderung untuk membentuk aglomerat pada permukaan substrat seperti pada gambar 2.4.

2.5 Titanium Dioksida

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan logam transisi yang termasuk golongan IV pada tabel periodic, disebut juga titanium anhydride, anhidrida asam titanium, titanium oksida, atau titania yang biasanya tersedia dalam serbuk putih. Bahan ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan semikonduktor yang lainnya, sehingga menjadi perhatian dalam penelitian sebagai fotokatalis. Sifat-sifat tersebut diantaranya (Rao, 2006):

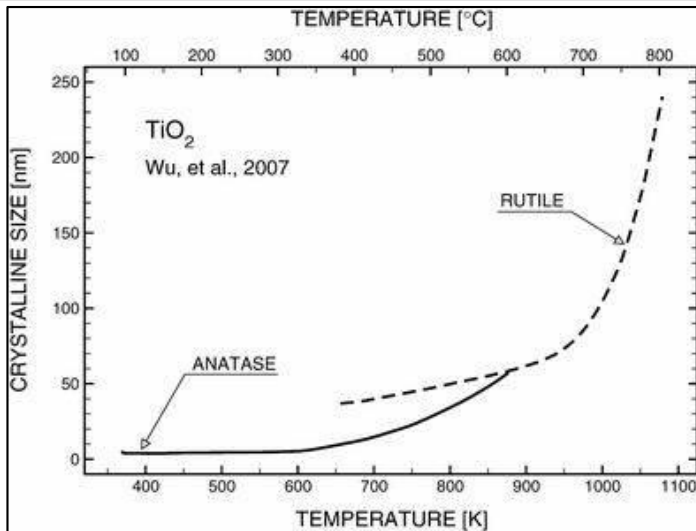
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



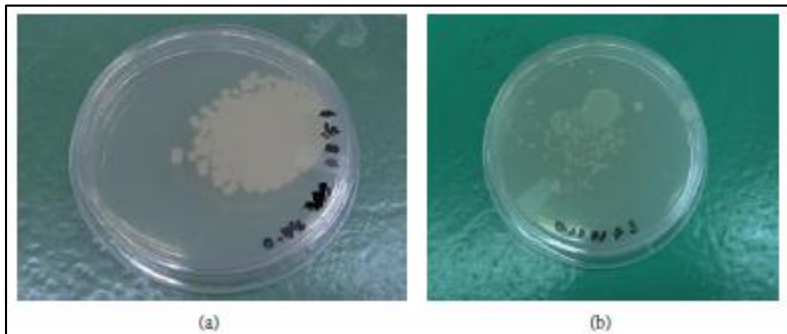
- a) mempunyai *band gap* yang sesuai untuk proses fotokatalis sehingga memudahkan terjadinya eksitasi elektron ke pita konduksi dan pembentukan *hole* pada pita valensi saat diinduksikan cahaya ultraviolet.
- b) Memiliki aktifitas fotokatalis yang lebih tinggi dibandingkan dengan fotokatalis lain, seperti: ZnO, CdS, WO₂, dan SnO₂.
- c) Mampu menyerap sinar ultraviolet dengan baik.
- d) Memiliki kestabilan kimia dalam interval pH yang besar (0 sampai 14).
- e) Tahan terhadap photodegradasi.
- f) Bersifat inert dan tidak larut dalam reaksi baik secara biologis maupun kimia.
- g) Tidak beracun.

Gambar 2.5 merupakan gambar diagram fasa TiO₂. Terlihat bahwa titanium dioksida (TiO₂) memiliki tiga fase struktur kristal, yaitu anatase, rutil, brookit. Akan tetapi hanya anatase dan rutil saja yang keberadaanya di alam cukup stabil. Kemampuan fotoaktivitas semikonduktor TiO₂ dipengaruhi oleh morfologi, luas permukaan, kristanilitas dan ukuran partikel. Anatase diketahui sebagai kristal titania yang lebih fotoaktif daripada rutil (Gupta, 2013).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Othman dkk, 2014, menunjukkan bahwa bahan LDPE (*Low Density Polyethylene*) untuk pembungkus makanan yang dilapisi oleh TiO₂ menggunakan DC *Magnetron Sputtering* dan lalu disinari sinar UV selama 1-3 hari. Hal tersebut memberikan efek *antimicrobial* yang lebih baik terhadap bakteri *E. Coli* daripada yang disinari oleh sinar *fluorescent*. Seperti yang terlihat pada gambar 2.6, bahan yang telah dilapisi tersebut memberikan efek inhibisi mencapai 70%. Hal tersebut dikarenakan adanya proses fotokatalis selama penyinaran dengan sinar UV. Artinya, TiO₂ memiliki sifat *antimicrobial* yang baik dan aman diaplikasikan di kehidupan manusia.



Gambar 2.5 Diagram Fasa TiO_2 (Wu, dkk. 2007)



Gambar 2.6 Koloni E. Coli dalam agar plate dengan TiO_2 yang disinari selama 3 hari dengan : (a) fluorescent dan (b) sinar UV (Othman dkk, 2014)

2.6 Teknologi Deposisi Lapisan Tipis : *Physical Vapour Deposition*

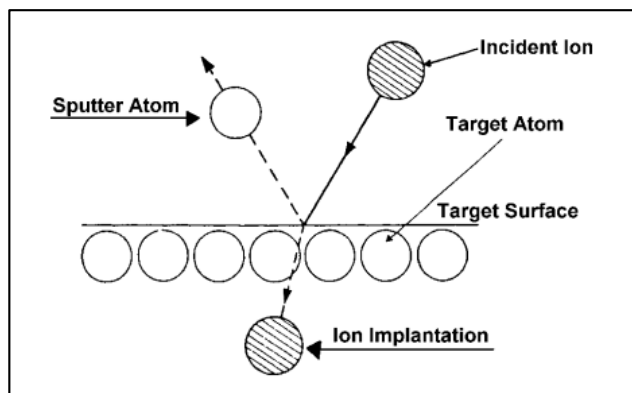
Lapisan tipis adalah suatu lapisan tipis yang sangat tipis dari bahan organik, anorganik, metal maupun campuran metal yang

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor, maupun isolator. Teknologi penumbuhan lapisan tipis banyak digunakan dalam pembuatan piranti elektronik seperti kapasitor, transistor, diode, sel surya silikon amorf, dan teknologi mikroelektronik. Sifat yang mungkin tidak terdapat pada material pdatannya (*bulk material*) dapat dihasilkan dengan melakukan variasi dalam proses deposisi maupun modifikasi sifat-sifat lapisan tipis selama deposisi. Teknik pembuatan lapisan tipis salah satunya adalah dengan menggunakan teknik deposisi lapisan tipis. Metode yang digunakan dalam deposisi lapisan tipis, yaitu PVD (*physical vapour deposition*) dan CVD (*chemical vapour deposition*). Proses PVD diklasifikasikan menjadi tiga, *thermal evaporation*, PLD (*pulsed laser deposition*), dan *sputtering* (Parsons, 1991).

Sputtering adalah proses dimana suatu material padat dibombardir dengan partikel berenergi tinggi seperti ion yang dipercepat. Kemudian, atom-atom yang berada pada permukaan padatan tersebut tersebar kaena benturan antara permukaan atom dengan partikel berenergi tersebut, seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Physical Sputtering Process (Mahan, 2000)

Proses ini harus dilakukan dalam suatu *chamber* atau ruang vakum. Di dalam ruang vakum tersebut diletakkan dua material yang akan digunakan. Satu material adalah material yang akan



dilapisi oleh material yang lain yang dinamakan substrat. Sedangkan material lainnya adalah material yang akan melapisi substrat atau disebut target. Gas akan dialirkan pada ruang vakum tersebut agar terbentuk suatu plasma dan juga diberi beda potensial agar tercipta partikel berenergi tinggi yang akan digunakan untuk membombardir permukaan material yang akan ditumbuhkan lapisan tipisnya. Berdasarkan pada jenis material yang akan dideposisikan dan sistem alat yang dipakai, *sputtering* memiliki berbagai macam metode, diantaranya adalah *sputtering* DC, *magnetron sputtering*, dan *sputtering* RF (Mahan, 2000).

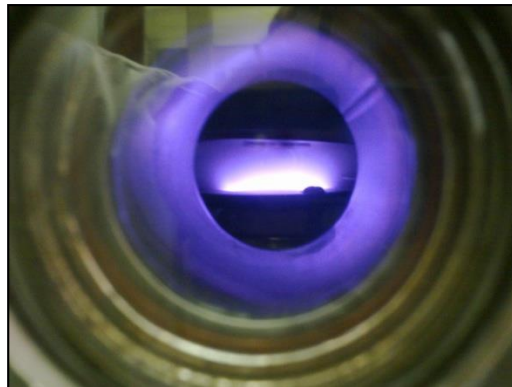
Pada RF *sputtering*, terdapat dua buah elektroda (diode) yang dipasang saling berhadapan satu sama lain. Elektroda yang dipakai disini biasanya berupa planar diode atau pelat elektroda. Kedua buah elektroda tersebut dipasang di bagian atas dan bagian bawah dan dihubungkan pada catu daya RF. Elektroda bawah merupakan katoda (kutub negative) yang dihubungkan ke material target yang akan dideposisikan, sedangkan elektroda bagian atas merupakan anoda (kutub positif) yang dihubungkan ke substrat. Kemudian, udara di dalam *chamber* dipompa keluar sehingga didapatkan *chamber* dalam keadaan vakum di mana tekanannya bisa mencapai orde 10^{-1} mBar. Setelah tekanan yang ditargetkan tercapai kemudian gas argon dialirkan ke dalam tabung vakum. Setelah tabung vakum terisi argon, kemudian katoda dan anoda alat *sputtering* RF diberi tegangan listrik. Tegangan listrik yang diberikan ini berfungsi untuk membentuk medan listrik diantara anoda dan katoda. Saat anoda dan katoda diberi tegangan listrik, anoda akan bermuatan listrik positif dan katoda akan bermuatan listrik negatif. Medan listrik kemudian terjadi antara keduanya yang arahnya dari katoda dan anoda.

Saat tegangan listrik diperbesar, maka medan listrik yang timbul juga semakin besar hingga pada suatu saat elektron dari katoda terlepas. Elektron yang terlepas ini akan mengalami percepatan gerak dikarenakan adanya medan listrik kearah anoda. Saat bergerak menuju anoda, elektron menumbuk atom gas argon sehingga menimbulkan proses ionisasi pada atom gas argon. Saat

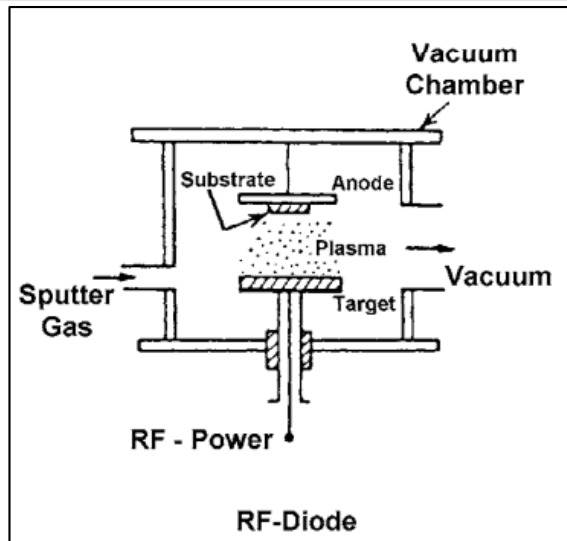
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



tumbukan itu terjadi, energi elektron diserap oleh atom gas argon. Energi tersebut digunakan untuk melepaskan elektron terluar atom gas argon sehingga menghasilkan ion argon yang bermuatan positif dan elektron yang bermuatan negatif. Kecepatan elektron sedemikian besar dan interaksi yang terjadi begitu cepat. Akibatnya pasangan elektron bebas dan ion bebas mampu membangkitkan pembawa muatan seketika secara bergantian dan terus menerus secara seimbang. Keadaan lucutan yang seimbang ini disebut *Glow Discharge*. Elektron yang dihasilkan kemudian akan mengionisasi atom-atom gas argon lainnya secara berantai sampai dihasilkan ion positif argon dan elektron yang jumlahnya seimbang yang disebut plasma, seperti yang terlihat pada gambar 2.8 (Khan, 1970).



Gambar 2.8 Plasma pada proses sputtering (Khan, 1970)



Gambar 2.9 RF Sputtering diagram (Khan, 1970).

Gambar 2.9 merupakan skema dari RF *Sputtering*. Ion positif argon tersebut bergerak menuju katoda dan membombardir material target yang dipasang. Ikatan atom-atom pada target akan terputus dan menyebabkan atom-atom tersebut terlepas dari target. Selain atom-atom yang terlepas dari target, terbentuk pula elektron sekunder dari hasil tumbukan tersebut. Elektron sekunder ini menyebabkan ionisasi lanjutan pada gas argon. Atom-atom target yang terlepas akan membentuk lapisan tipis pada substrat yang dipasang pada anoda. Proses inilah yang disebut dengan proses *sputtering* (Khan, 1970).

2.7 Mekanisme Inhibisi Ion Ag^+ terhadap Mikroorganisme

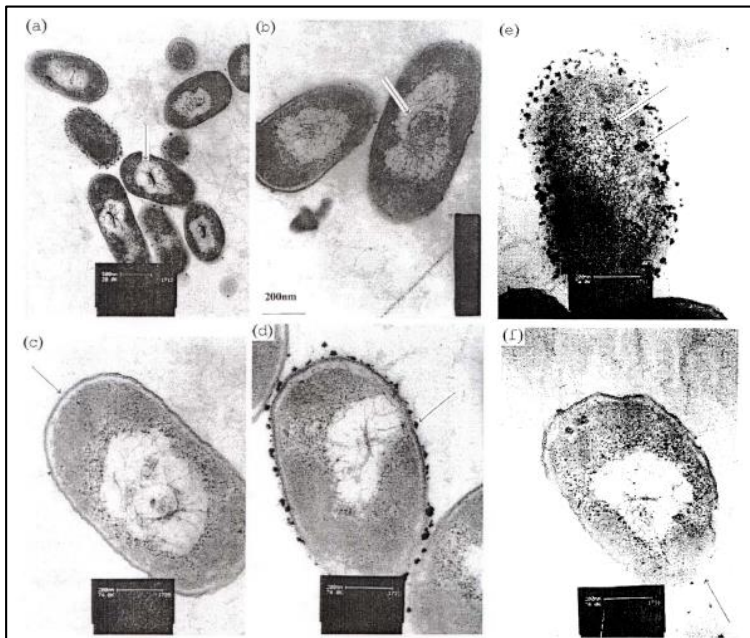
Perak diketahui memiliki sifat *abtimicrobial* yang disebabkan terlepasnya ion Ag^+ . Ketika ion perak tersebut berinteraksi dengan bakteri, ion perak menyebabkan pelepasan ion K^+ dari bakteri. Dengan demikian, plasma bakteri atau membrane



sitoplasma yang berhubungan dengan banyak enzim penting pada membran sel dan DNA adalah target utama dari ion perak tersebut.

Ketika pertumbuhan bakteri terhambat, ion perak terdeposit ke dalam vakuola dan dinding sel sebagai *granules*. *Granules* tersebut menghambat pembelahan sel dan merusak *cell envelope* dan juga kandungan seluler dari bakteri. Akibatnya, ukuran dari sel bakteri meningkat dan membrane sitoplasma, isi dari sitoplasmik dan lapisan sel terluar dari bakteri menunjukkan ketidaknormalan struktur. Selain itu, ion perak dapat berinteraksi dengan asam nukleik yang secara khusus berhubungan langsung dengan DNA dari bakteri. Ketika sel bakteri telah mati, sel bakteri yang mati tersebut berinteraksi dengan ion perak dan menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS). Senyawa yang tergolong ROS adalah seperti anion superoksida (O_2^-), ion radikal hidroksil (OH^\cdot), dan oksigen singlet (O^2). ROS ini kemudian bisa menyebabkan kerusakan sel selanjutnya pada bakteri yang belum mati karena DNA bakteri atau mitokondria dapat dipengaruhi oleh ROS (Kim dkk, 2011).

Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Feng dkk, 2000, yang melakukan uji *antimicrobial* ion Ag^+ pada bakteri *E. Coli* dengan menggunakan larutan $AgNO_3$. Setelah itu, dilakukan pengamatan sel bakteri *E. Coli* menggunakan TEM seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Struktur sel bakteri E. Coli yang berinteraksi dengan ion Ag^+ : (a) Adanya electron-light region di tengah sel bakteri, (b) condensed form dari DNA di tengah electron-light region, (c) adanya jarak antara membrane sitoplasma dengan dinding sel, (d) timbul granul pada dinding sel, (e) dinding sel dipenuhi oleh granul, (f) dinding sel hancur (Feng dkk, 2000)

Penelitian yang dilakukan oleh Theivashanti dan Alagar, 2011 dengan judul *Anti-bacterial Studies of Silver Nanoparticles* menjelaskan mengenai zona inhibisi dari Ag Nanopartikel (AgNPs). Pada penelitiannya, AgNPs diujikan pada bakteri *S. Aureus* menggunakan metode *disc diffusion test* seperti pada gambar 2.11. Dari pengujian tersebut, didapatkan zona inhibisi dari AgNps adalah sebesar 12 mm.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



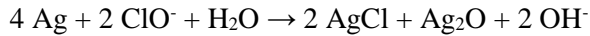
Gambar 2.11 Zona Inhibisi AgNPs (Theivashanti dan Alagar, 2011)

2.8 Aktivasi Agen *Antimicrobial* pada Perak

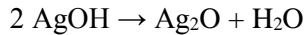
Adanya sifat *antimicrobial* pada perak (Ag) sangat ditentukan oleh keluarnya ion Ag^+ dari lapisan Ag. Ion Ag^+ ini dihasilkan dari reaksi kimia antara Ag dengan suatu *oxidizing agent* yang sangat kuat, salah satunya yang sudah terkenal adalah *Sodium Hypochlorite* (NaClO). NaClO ini sudah banyak diaplikasikan sebagai disinfektan karena kemampuannya untuk memasuki sel bakteri dan mengoksidasi lipid dan protein yang ada pada bakteri. Sedangkan jika direaksikan dengan metal, akan menghasilkan ion *hydroxyl radicals* yang akan bereaksi dengan lipid dan mendegradasinya (Patricia, 2017).

Penelitian tentang aktivasi Ag dengan NaClO telah dilakukan oleh Quang dkk, 2012 dan oleh Ferreri dkk, 2014. Kedua penelitian tersebut sama-sama mengaktivasi Ag dengan menggunakan 5% NaClO dengan cara mencelupkan sample Ag ke dalam NaClO selama 5 menit. Reaksi yang terjadi antara Ag dengan NaClO adalah :

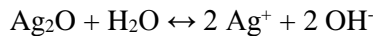
1. Reaksi kimia antara perak dengan NaClO



2. Pembentukan perak oksida dari *silver hydroxide*



3. Pembentukan Ag^+ dari *silver oxide*



2.9 Studi *Antimicrobial* pada TiO_2

Penelitian mengenai sifat *antimicrobial* pada TiO_2 sudah banyak dilakukan dan pelapisan menggunakan TiO_2 bisa diaplikasikan pada pembungkus makanan dan bahan tekstil. Hal tersebut dikarenakan kemampuan dari TiO_2 untuk melakukan fotokatalis. Fotokatalis adalah reaksi yang melibatkan cahaya (fotoreaksi) dan mengalami peningkatan kecepatan reaksi akibat adanya katalis yang mengabsorpsi energi cahaya ultraviolet (UV) sehingga menghasilkan senyawa pereduksi dan pengoksidasi pada permukaan katalis. TiO_2 merupakan semikonduktor yang memiliki celah pita yang luas, celah pita energi rutil adalah 3,00 eV sedangkan celah pita energi anatase adalah 3,23 eV. TiO_2 tipe anatase biasa digunakan dalam fotokatalis karena dapat menunjukkan aktivitas fotokatalik yang tinggi dikarenakan panjang gelombang cahaya dari sinar UV lebih besar dari panjang gelombang cahaya yang dibutuhkan oleh elektron yang ada pada TiO_2 anatase untuk tereksitasi ke pita konduksi. Keterbatasan semikonduktor sebagai fotokatalis dapat diatasi dengan memodifikasi permukaan semikonduktor dengan penambahan logam misalnya dengan penambahan perak ke permukaan TiO_2 dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis. Hasil dari fotokatalis TiO_2 ini berupa radikal hidroksil yang berperan sebagai agen detoksikasi dan ion superperoksida (O_2^-) yang dapat menguraikan senyawa polutan (Paul, 2006).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Fenomena fotokatalis pada TiO_2 dapat dijelaskan sebagai berikut (Othman dkk, 2014) :

1. Ketika TiO_2 dikenai cahaya UV dengan energi $h\nu$ mengakibatkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang pada pita valensi (h_{vb}^+).



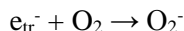
2. Sebagaimana elektron pada pita konduksi (e_{cb}^-) dan lubang pada pita valensi terjebak pada permukaan semikonduktor.



3. Lubang pada permukaan semikonduktor (h_{tr}^+) mengoksidasi air atau ion OH^- membentuk radikal hidroksil yang berperan sebagai agen detoksikasi.



4. Elektron pada permukaan semikonduktor (e_{tr}^-) menangkap oksigen membentuk ion superperoksida (O_2^-) yang dapat menguraikan senyawa polutan

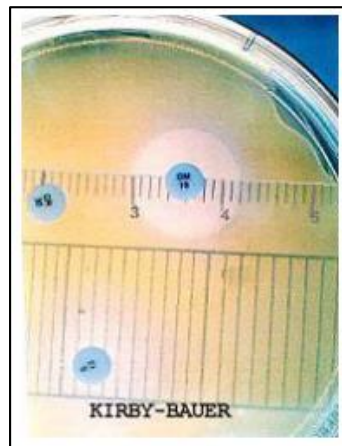


2.10 Metode Kirby-Bauer : Disc Diffusion Test

Uji Kirby-Bauer untuk kerentanan antibiotic, atau disebut uji difusi cakram adalah standar yang telah digunakan selama bertahun-tahun. Pertama kali dikembangkan pada tahun 1950, disempurnakan oleh W. Kirby dan A. Bauer, yang kemudian dibakukan oleh WHO di Indonesia pada tahun 1961. Tes ini digunakan untuk menentukan resistansi atau sensitivitas bakteri



aerob atau anaerob fakultatif untuk bahan kimia tertentu, yang kemudian bisa digunakan oleh klinisi untuk perawatan pasien dengan infeksi bakteri. Ada atau tidaknya area inhibisi disekitar *disc* menunjukkan adanya sensitivitas bakteri terhadap obat tersebut. Gambar 2.12 adalah contoh dari pengujian *antimicrobial* dengan menggunakan metode *disc diffusion test*. Konsep dari *disc diffusion test* ini sangat mudah, yaitu bakteri disiram di atas cawan dan antibiotic *disc* ditempatkan di atas cairan bakteri tersebut. Selanjutnya, antibiotic berdifusi dari *disc* ke cairan bakteri. Jika organisme terbunuh atau terinhibisi oleh antibiotic, maka tidak akan ada pertumbuhan bakteri di sekitar *disc* tersebut. Area tersebut dinamakan zona inhibisi. Besarnya zona inhibisi mengacu pada standar untuk memberikan hasil berupa sensitivitas atau resistansi bakteri (Reynolds, 2011).



Gambar 2.12 Uji antimicrobial dengan metode disc diffusion test (Reynolds, 2011)

2.11 State of The Art

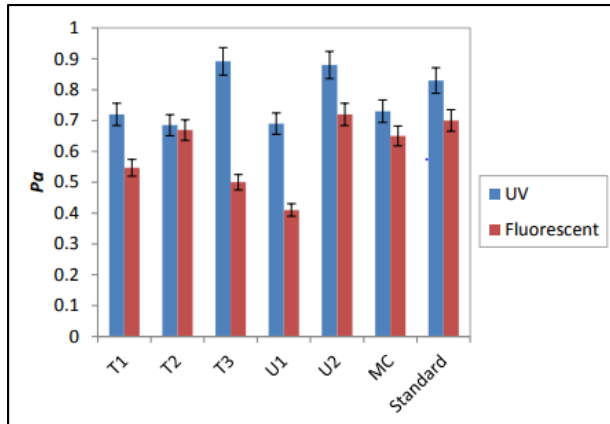
Penelitian mengenai lapisan tipis perak (Ag) sebagai material *antimicrobial* telah banyak dilakukan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Vishnu dkk, 2014 dengan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



judul “*Effect of Ag content on the microstructure, tribological and corrosion properties of amorphous carbon coatings on 316L SS*”. Dalam penelitian tersebut, beliau mendeposisikan Ag pada substrat SS 316L menggunakan PVD RF Sputtering dan melakukan uji kekerasan menggunakan Ultra Nano Hardness Tester. Dan dari penelitian tersebut didapatkan bahwa pada lapisan tipis dengan komposisi 3% Ag memiliki nilai kekerasan 1,38 GPa. Dan pada penelitian yang sama yang telah dilakukan oleh Kocourek dkk, 2014 dengan judul *Silver doped metal layers for medical applications*, didapatkan hasil *micro adhesion test* sebesar 2,8 GPa dari sampel SS 316L dengan 4,08% Ag pada lapisan tipisnya. Sedangkan, pada penelitian yang dilakukan oleh Rodrigues dkk, 2016 dengan judul “*Functional behaviour of TiO₂ films doped with noble metals*” menunjukkan bahwa lapisan tipis Ag yang ditambah dengan 28% TiO₂ memiliki kekerasan sebesar 7,2 GPa. hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan TiO₂ ke dalam lapisan tipis Ag dapat menambah kekerasan dari lapisan tipis tersebut.

Selain itu, efek penambahan TiO₂ ke dalam lapisan tipis Ag juga akan meningkatkan kemampuan fotokatalis dari TiO₂ yang akan berakibat pada bertambahnya sifat *antimicrobial* dari lapisan tipis tersebut. Hal tersebut pernah diteliti oleh Navabpour dkk, 2014 dengan judul “*Photocatalytic TiO₂ and Doped TiO₂ Coatings to Improve the Hygiene of Surfaces Used in Food and Beverage Processing—A Study of the Physical and Chemical Resistance of the Coatings*”. Penelitian tersebut menguji kemampuan fotokatalis lapisan tipis Ag-TiO₂ menggunakan alat UV-Vis spectrophotometer. Alat tersebut mengukur tingkat absorbansi lapisan tipis Ag-TiO₂ ketika disinari oleh sinar UV. Hasil dari pengujian tersebut adalah lapisan tipis Ag-TiO₂ dengan persen Ag 30% menunjukkan efek fotokatalis tertinggi, yaitu sebesar 0,9 dibandingkan dengan lapisan tipis Ag-TiO₂ dengan persen Ag 10% yang hanya sebesar 0,7, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Efek fotokatalis pada lapisan tipis Ag-TiO₂ (T1-T3) (Navabpour, 2014)

Sifat *antimicrobial* dari lapisan tipis Ag-TiO₂ juga terbukti dapat membunuh bakteri hingga 90%. Hal ini dibuktikan oleh Santosh dan Kandasamy, 2015 dalam penelitiannya yang berjudul *Antibiofilm Activity of Epoxy/Ag-TiO₂ Polymer Nanocomposite Coatings against Staphylococcus Aureus and Escherichia Coli*. Dalam penelitian tersebut, *epoxy* yang dilapisi Ag-TiO₂ dengan 10% TiO₂ dapat membunuh 99% bakteri *E. Coli* dan juga membunuh 91% bakteri *S. Aureus*.

Penelitian mengenai lapisan tipis *antimicrobial* Ag-based sudah pernah dilakukan oleh Maulana, 2017 dengan menggabungkan Ag dengan Cu. Penelitian ini menggunakan variasi luas area target Ag-Cu yang digunakan. Hasilnya adalah efek *antimicrobial* yang paling tinggi ditunjukkan oleh sampel dengan luas area target Ag yang paling besar yaitu Ag₈₀-Cu₂₀ dengan zona inhibisi sebesar 3 mm. Sedangkan untuk semua sampel memiliki kekuatan lapisan yang buruk ketika diberi beban..

Penelitian mengenai kemampuan *antimicrobial* dari lapisan tipis Ag juga pernah dilakukan oleh Yudhistira, 2017. Penelitian ini mendeposisikan silver ke substrat SS 316L dengan variasi waktu deposisi. Hasilnya adalah efek *antimicrobial* yang

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



paling tinggi ditunjukkan oleh sampel dengan waktu deposisi 20 menit dengan zona inhibisi sebesar 2 mm. Hal ini dikarenakan sampel tersebut memiliki kandungan Ag yang paling tinggi yaitu 96.69% wt.

Dari uraian di atas, belum ada penelitian mengenai variasi waktu pada proses *Physical Vapour Deposition* terhadap lapisan tipis Ag-TiO₂ yang nantinya akan mempengaruhi kemampuan sifat *antimicrobial*, morfologi dan mekanik dari lapisan tipis tersebut.

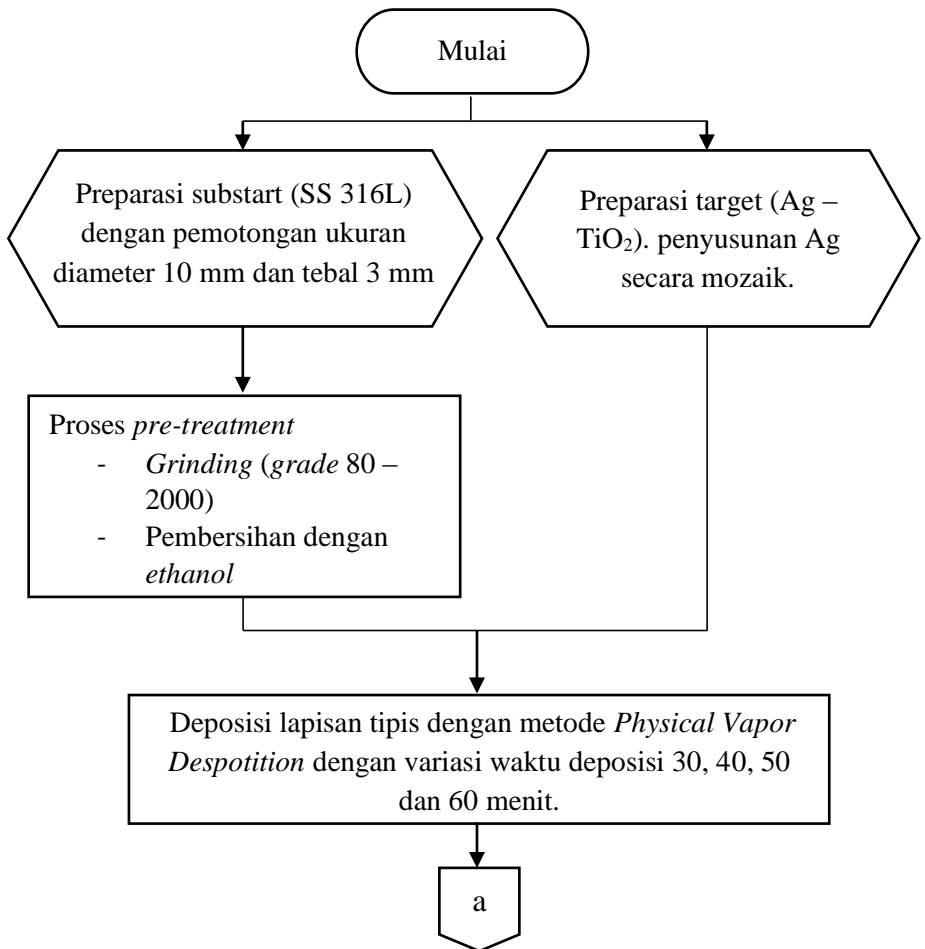


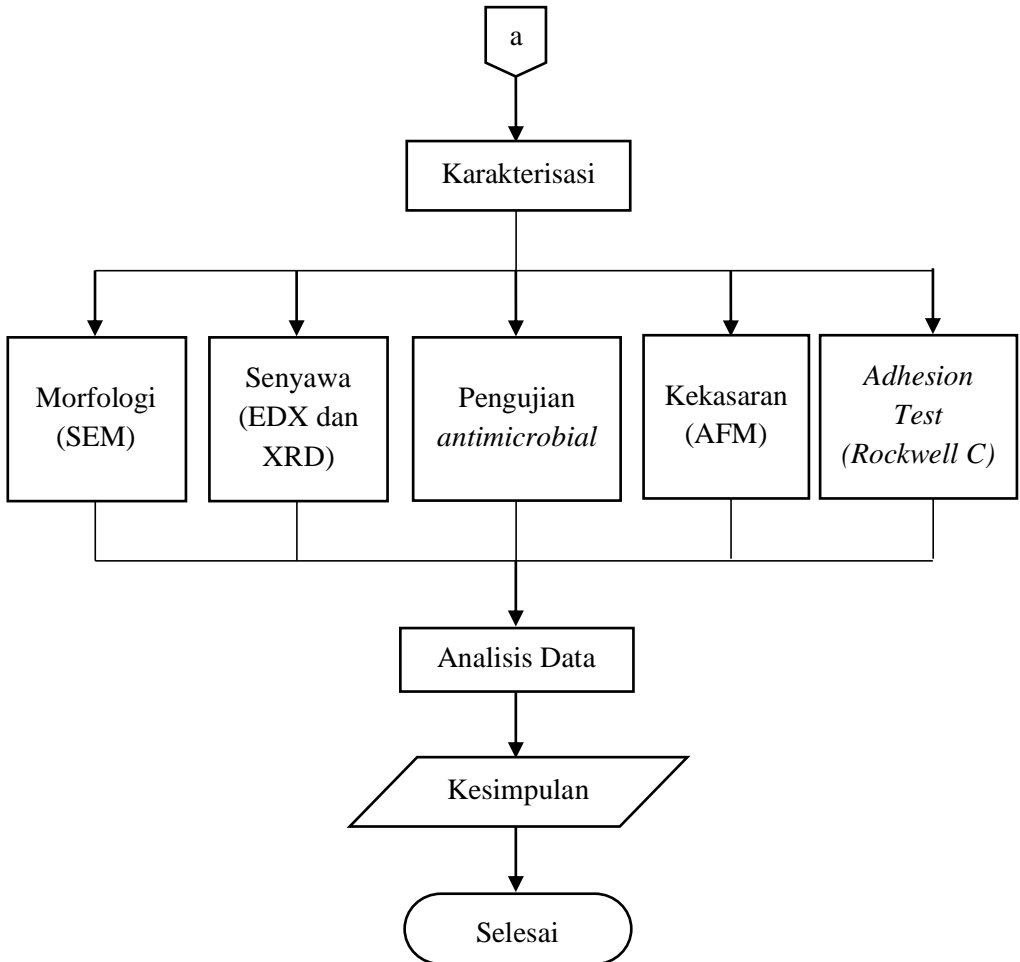
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

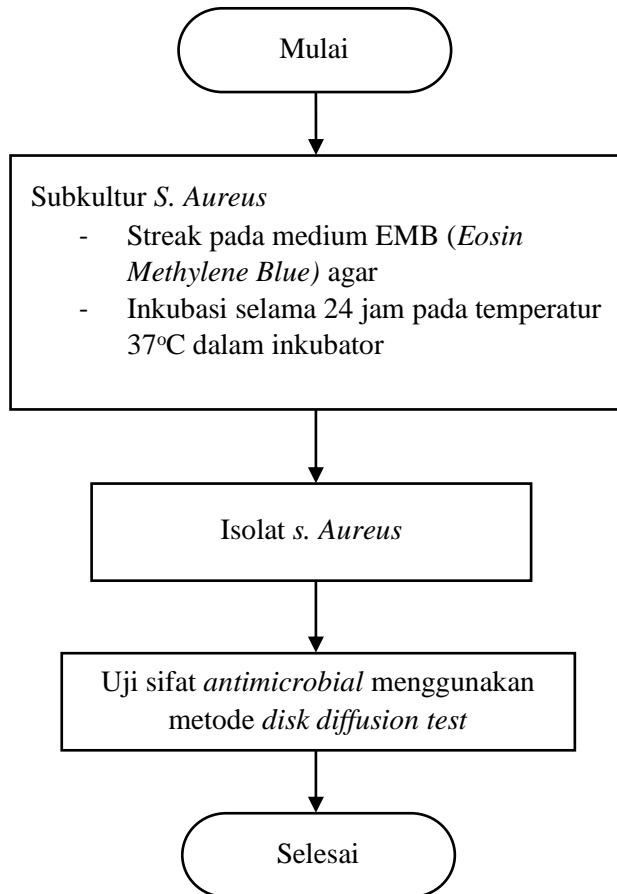
3.1 Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir untuk penelitian analisis pengaruh perbandingan luas area target terhadap sifat *antimicrobial* dan sifat mekanik lapisan tipis Ag-TiO₂.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram alir subkultur bakteri dan pengujian *antimicrobial*

3. 2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1



Tabel 3.1 Rancangan penelitian tugas akhir

No.	Waktu Deposisi (menit)	Pengujian				
		SEM - EDX	XRD	AFM	<i>Rockwell C Adhesion test</i>	<i>Antimicrobial test</i>
1.	0	√	√	√	√	√
2.	30	√	√	√	√	√
3.	40	√	√	√	√	√
4.	50	√	√	√	√	√
5.	60	√	√	√	√	√

Pengujian tanpa merusak seperti SEM, EDX, XRD, AFM dapat dilakukan pada satu sampel yang sama, dilanjutkan dengan pengujian kekuatan adhesi menggunakan *Rockwell C* setelah melakukan pengujian tanpa merusak. *Antimicrobial test* dilakukan pada satu sampel yang lain karena setelah pengujian ini sampel tidak dapat digunakan kembali. Sehingga, total sampel yang digunakan sebanyak 17 sampel.

3.3 Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu mengumpulkan sumber yang didapat dari buku, jurnal, dll. Sumber-sumber tersebut kemudian dijadikan acuan penelitian yang akan dilakukan.

Setelah didapat beberapa sumber, dilakukan penelitian dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan metode yang digunakan, yaitu *Physical Vapour Deposition RF Sputtering*. Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang SS316L berdiameter 10mm yang dipotong menggunakan *wire cut* hingga ketebalan 3mm sebanyak 20 buah. Setelah dipotong, dilakukan *grinding* pada substrat dengan menggunakan kertas amplas *grade* 80 hingga 2000. Selain substrat SS316L, digunakan pula material target perak (Ag 93%) yang berupa plat yang dipotong-potong berbentuk persegi dengan dimensi 20x20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



mm dan ketebalan 1 mm dan lalu dilakukan *grinding* menggunakan kertas amplas dengan *grade* 80. Setelah semua bahan siap, dilakukan pembersihan kotoran pada permukaan substrat dan target menggunakan *alcohol* 97% dengan cara merendam kedua material tersebut selama beberapa detik. Untuk mendapatkan luas target yang diinginkan, plat Ag yang sudah dipotong menjadi beberapa bagian kemudian dihitung luasnya sehingga didapatkan perbandingan luas material target Ag dan TiO_2 , yaitu 50:50 dimana plat Ag diletakan diatas plat TiO_2 dengan metode mozaik seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Metode Mozaik

Setelah bahan dan alat telah siap, maka dilakukan proses deposisi lapisan tipis Ag- TiO_2 dengan metode PVD RF *Sputtering*. Terlebih dahulu memastikan bahwa *chamber* tertutup rapat sebelum memulai proses vakum. Setelah didapatkan tekanan di dalam *chamber* sebesar $5\text{--}6 \times 10^{-6}$ mBar, proses *sputtering* bisa dimulai. Pada RF *sputtering*, daya diatur pada 20 W dengan voltase DC-BIAS 200 V. Setelah itu, buka tabung dan katup gas argon (Ar) dan atur hingga tekanan sebesar $2,5 \times 10^{-2}$ mBar. Secara perlahan tambahkan daya dan voltase hingga 100-130 W dan 1000 V, karena pada voltase sebesar 1000 V material target mulai terdeposisi ke substrat. Selama proses tersebut, REFP (*Reflected Power P_r*) atau daya yang dikembalikan harus dijaga supaya tetap di bawah 5W



agar hasil deposisi maksimal. Proses *sputtering* berlangsung 4 kali dengan variasi waktu deposisi 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.

Setelah deposisi pada substrat berhasil, dilanjutkan dengan pengujian *antimicrobial* dengan menyiapkan kloning bakteri *S. Aureus*. Namun sebelum sampel diuji *antimicrobial*, terlebih dahulu sampel disterilkan dengan autoclave pada temperatur 121° C selama 15 menit. Setelah itu, dilakukan aktivasi sifat *antimicrobial* dari TiO₂ dengan menyinari sampel menggunakan sinar UV 30 W selama 1 hari. Setelah aktivasi TiO₂, sampel lalu direndam di dalam larutan NaClO 5% selama 5 menit untuk aktivasi sifat *antimicrobial* dari Ag.

Selain uji *antimicrobial*, sampel juga dikarakterisasi menggunakan alat uji SEM-EDX untuk mengetahui morfologi dan komposisi lapisan tipis Ag-TiO₂, uji XRD untuk mengetahui senyawa yang terdapat pada lapisan tipis Ag-TiO₂, dan uji *Hardness* untuk mengetahui sifat adhesi lapisan tipis Ag-TiO₂.

3.4 Pengujian

3.4.1 *Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X-ray (EDX)*



Gambar 3.4 Alat pengujian SEM-EDX



Pengujian menggunakan SEM-EDX (gambar 3.4) dilakukan di Departemen Teknik Material ITS menggunakan instrument *Scanning Electron Microscopy (SEM)* tipe FEI INSPECT 550 dan dengan tujuan mengetahui topografi permukaan, unsur yang ada, dan senyawa yang terbentuk di dalam paduan. Perbesaran yang digunakan pada pengujian ini 5.000 x hingga 20.000 x.

3.4.2 Atomic Force Microscopy (AFM)



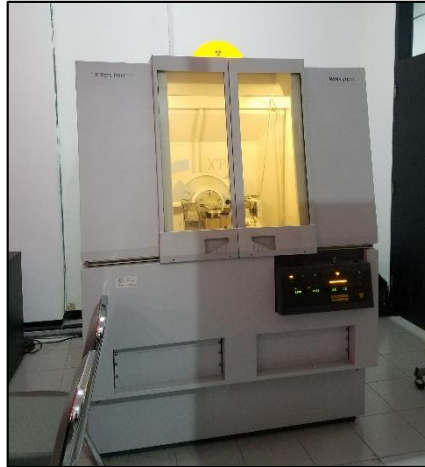
Gambar 3.5 Alat Pengujian AFM

Pengujian menggunakan AFM (gambar 3.5) dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tujuan dari dilakukannya AFM untuk mengetahui kekasaran



dan topografi dalam ukuran mikro pada permukaan lapisan tipis yang terbentuk.

3.4.3 X-Ray Diffraction (XRD)



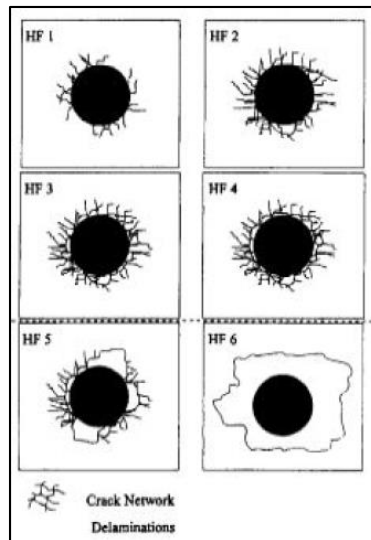
Gambar 3.6 Alat Pengujian XRD

Pengujian XRD (gambar 3.6) dilakukan di Departemen Teknik Material ITS dengan tujuan untuk mengidentifikasi senyawa yang terbentuk pada Ag akibat paduan unsur TiO_2 . XRD X'Pert Pro TYPE: PW3040/60 S.N : DY 3574 digunakan pada penelitian ini. Setelah mendapatkan grafik dari serangkaian pengujian menggunakan XRD maka selanjutnya akan diidentifikasi dengan bantuan software dan data base Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada material paduan.



3.4.4 Rockwell-C Adhesion Test

Pengujian untuk mengetahui kekuatan adhesi lapisan tipis dapat dilakukan secara kualitatif oleh *Rockwell-C Adhesion Test*. Pengujian ini dikembangkan di Jerman, memiliki standard VDI Guidelines 3198, (1991) dan kemungkinan akan menjadi standard DIN dalam waktu dekat. (Jehn dkk, 1993). Setelah melakukan indentasi, dilakukan pengamatan dan analisa kerusakan pada lapisan tipis menggunakan pengamatan visual melalui mikroskop optik Olympus BX51M-RF. Hasil pengamatan visual dibandingkan dengan gambar 3.4. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Metalurgi, Departemen Teknik Material FTI-ITS.



Gambar 3.7 Tingkat Kekuatan Adhesi (Heinke dkk, 1995)



3.4.5 Pengujian Kemampuan Antimicrobial Menggunakan Metode *Disk Diffusion Test*

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan anti Microbial dari material yang dihasilkan. Pengukuran area bening atau area yang tidak terkontaminasi oleh bakteri di sekitar sampel menjadi perhitungan kuantitatif untuk mengukur kemampuan anti Microbial dari sampel. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur manual, setelah itu dibandingkan hasil luas yang dihasilkan dengan sampel lain. Pengujian ini dilakukan di Departemen Biologi FMIPA ITS. Gambar 3.2 menunjukkan diagram alir preparasi dan pengujian disk diffusion test.

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

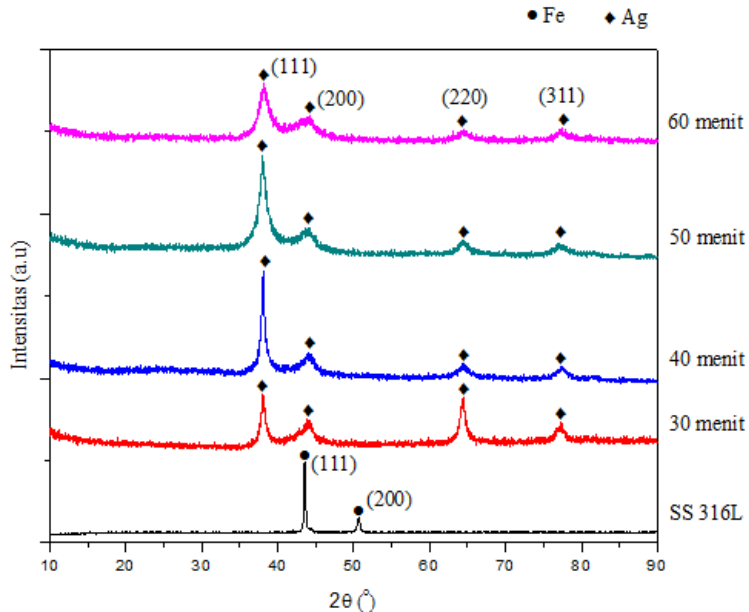
4.1 Analisa Senyawa

Analisa senyawa dilakukan untuk mengetahui senyawa apa saja yang terdapat pada lapisan tipis Ag-TiO₂. Pengujian dilakukan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) terhadap substrat yang telah terlapisi Ag-TiO₂. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.1.

Pada hasil XRD substrat SS316L, terlihat 2 *peak* yang cukup tinggi intensitasnya, yaitu pada 2θ 43,53° dan 50,7°. Hasil analisa berdasarkan JCPDS 04-0829, untuk 2θ 43,6° dan 50,6° secara berurutan adalah FCC Fe (111) dan FCC Fe (200). Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Muthukumaran, dkk (2010) bahwa pada 2θ 43,53° dan 50,7° adalah milik Fe-*austenite*.

Pada semua substrat yang telah terlapisi Ag-TiO₂, terlihat 4 *peak* dengan intensitas yang berbeda yaitu pada 2θ 38°, 44,1°, 64,5°, dan 77,1°. Setelah dilakukan analisis berdasarkan JCPDS 00-001-1164 yang merupakan JCPDS milik Ag, mengindikasikan bahwa pada 2θ 38°, 44,1°, 64,6° dan 77,1° masing-masing mewakili unsur Ag dengan orientasi kristal (111), (200), (220) dan (311). Sedangkan untuk *peak* TiO₂ tidak muncul pada pengujian XRD ini.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat pula bahwa di 2θ 38° terlihat perubahan luas *peak* seiring dengan bertambahnya waktu deposisi. Untuk waktu deposisi dari 30 menit ke 40 menit, pada 2θ 38° memiliki *peak* yang semakin meruncing yang artinya kristalinitas dari Ag bertambah.



Gambar 4.1 Hasil Pengujian XRD pada substrat SS316L dan 4 sampel Ag-TiO₂

Tetapi untuk sampel dengan waktu deposisi dari 40 menit hingga 60 menit, pada 2θ 38° menunjukkan perubahan berupa semakin meluasnya *peak* yang dihasilkan. Hal ini berarti, setelah melewati waktu deposisi 40 menit maka kristalinitas dari Ag berkurang. *Peak* yang lebar ini menunjukkan terjadinya deformasi pada *crystalline lattice* dan adanya cacat pada *crystalline* sehingga terjadi kristalisasi Ag yang tidak sempurna. (Ahmadpourian dkk, 2016). *Lattice distortion* ini menyebabkan perubahan intensitas dan melebarkan *peak* pada hasil analisa XRD (Liu dkk, 2016).

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



4.2 Analisa Komposisi

Hasil uji komposisi lapisan tipis dengan menggunakan Energy Dispersive X-ray (EDX) dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2. Dan untuk hasil pengukuran ketebalan lapisan tipis dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.1 Komposisi substrat SS316L

Sampel	% wt						
	C	Si	Mo	Cr	Mn	Fe	Ni
SS316L	0.67	0.63	1.83	17.30	1.21	66.85	11.52

Tabel 4.2 Komposisi Lapisan Tipis Ag-TiO₂ (% wt)

Sampel	% wt			
	Ag	Ti	O	Fe
30 menit	91.32	01.40	02.55	04.73
40 menit	95.82	01.52	02.44	-
50 menit	95.80	01.64	02.56	-
60 menit	95.46	01.79	02.75	-

Tabel 4.3 Komposisi Lapisan Tipis Ag-TiO₂ (% at)

Sampel	% at			
	Ag	Ti	O	Fe
30 menit	84.59	02.60	05.24	07.57
40 menit	86.75	04.21	09.04	-
50 menit	85.75	04.72	09.53	-
60 menit	85.84	04.48	09.68	-



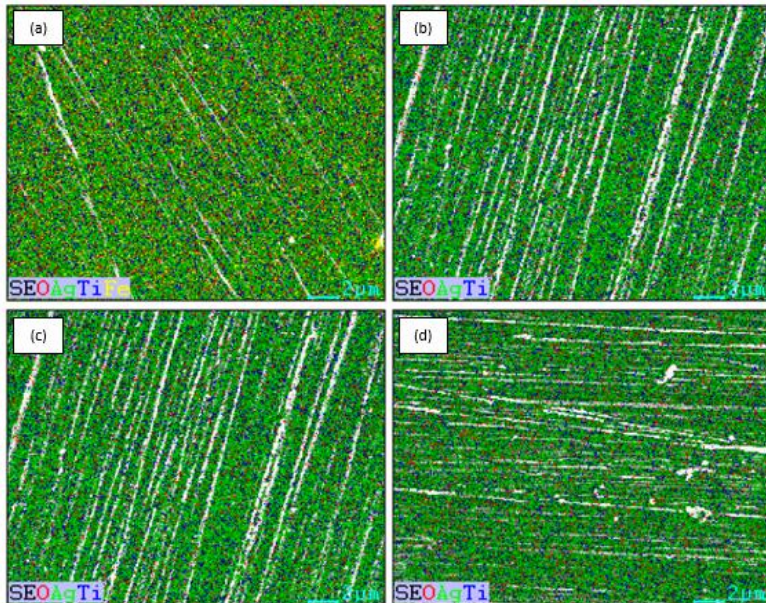
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Tipis Ag-TiO₂

Sampel	Ketebalan (nm)
30 menit	777.067 ± 121.3
40 menit	874.2
50 menit	913.73 ± 66.7
60 menit	990.8

Pada tabel 4.1 terlihat hasil uji komposisi substrat SS316L. Hasil uji komposisi tersebut sesuai dengan standar ASTM A240 milik SS316L. Dan pada tabel 4.2 menunjukkan hasil uji komposisi dari 4 sampel lapisan tipis Ag-TiO₂ pada substrat SS316L dengan perbandingan luas area target 50:50 menggunakan metode *mozaic*. Terlihat bahwa pada waktu deposisi 30 menit, unsur Fe yang berasal dari substrat masih terdeteksi sebanyak 04.73%. Tetapi pada waktu deposisi 40 menit, unsur Fe sudah tidak terdeteksi lagi. Hal ini berarti pada waktu 30 menit deposisi lapisan tipis masih belum homogen sehingga masih ada substrat yang belum terlapis oleh Ag-TiO₂. Selain itu, jika melihat pada unsur Ti dan O pada 4 sampel tersebut, maka pada perbandingan berat untuk Ti dan O adalah 1:2.

Berdasarkan teori *atomic ratio* (Parker, 1985), dikatakan bahwa *atomic ratio* dari TiO₂ adalah 1:2. Jika dilihat dari hasil uji komposisi lapisan tipis pada tabel 4.3, terlihat bahwa seluruh sampel antara Ti dan O memiliki *atomic ratio* yang mendekati 1:2. Sehingga dapat dikatakan bahwa unsur Ti dan O yang terdeteksi pada hasil EDX adalah bersenyawa membentuk TiO₂. Hal ini juga didukung hasil *color mapping* SEM-EDX dari tiap sampel yang menunjukkan bahwa atom Ti (warna biru) berada pada tempat yang berdekatan dengan O (warna merah). Sehingga secara kualitatif dapat dikatakan bahwa unsur Ti dan O yang terdeteksi oleh EDX membentuk senyawa menjadi TiO₂. Deposisi TiO₂ menggunakan material target TiO₂ pernah dilakukan oleh Isai dkk, 2010 dan menghasilkan lapisan tipis TiO₂ pada substrat kaca.

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



Gambar 4.2 Hasil *Color Mapping* SEM-EDX lapisan tipis Ag-TiO₂ pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit.

Dari hasil pengujian ketebalan (tabel 4.4) untuk sampel dengan waktu deposisi 60 menit memiliki ketebalan yang paling tinggi yaitu 990.8 nm. Dan untuk sampel dengan waktu deposisi 30 menit memiliki ketebalan yang paling rendah yaitu 777.067 nm. Jika dikorelasikan dengan hasil EDX pada tabel 4.2 maka bertambahnya ketebalan seiring dengan bertambahnya waktu deposisi ini disebabkan oleh semakin banyaknya Ag dan TiO₂ yang terdeposit ke permukaan substrat. Namun, terlihat perbedaan yang signifikan antara kandungan Ag dengan Ti dan O pada seluruh sampel. Hal ini dikarenakan antara Ag dan TiO₂ memiliki *sputtering yield rate* yang berbeda. Untuk Ag memiliki *sputtering rate* sebesar 340 Å/detik. Sedangkan TiO₂ memiliki *sputtering rate* sebesar 40 Å/detik (Geller dan Veisfeld, 1998). Oleh karena itu

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



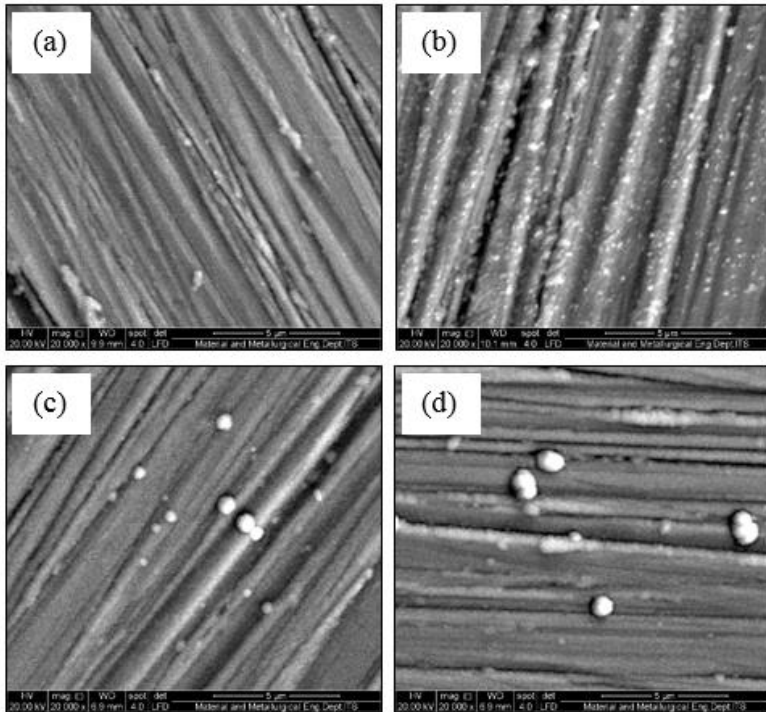
untuk waktu deposisi yang sama, Ag akan terdeposisi lebih banyak daripada TiO_2 .

4.3 Analisa Morfologi

4.3.1 Analisa Morfologi

Analisa morfologi dibutuhkan untuk mengetahui permukaan lapisan tipis yang terbentuk. Analisa morfologi ini menggunakan SEM dan hasil pengujiannya dapat dilihat pada gambar 4.3.

Pada gambar 4.3 terlihat titik-titik putih yang tersebar pada permukaan sampel dengan waktu deposisi berbeda. Titik-titik putih tersebut adalah Ag nanopartikel yang berhasil terdeposisi ke permukaan substrat (Paul, dkk. 2014). Pada gambar 4.3 bagian (a) yaitu pada sampel dengan waktu deposisi 30 menit tidak terlihat gumpalan yang muncul pada permukaan. Sedangkan jika melihat pada gambar 4.3 bagian (d) terlihat sampel dengan waktu deposisi 60 menit memiliki banyak gumpalan berwarna putih pada permukaannya dengan ukuran yang besar. Jika dikorelasikan dengan hasil EDX pada tabel 4.2, dapat dikatakan bahwa dengan bertambahnya partikel Ag yang terdeposit ke permukaan substrat menyebabkan gumpalan putih yang ada pada permukaan semakin besar. Hal ini dikarenakan ketika partikel Ag terdeposit ke permukaan substrat, maka partikel Ag tersebut akan mengisi celah-celah yang ada pada permukaan substrat (gambar 2.4). Dan ketika semakin bertambah banyak partikel Ag yang terdeposit pada permukaan substrat maka partikel Ag ini cenderung untuk membentuk aglomerat (gumpalan) pada permukaan lapisan tipis (Velasco, dkk. 2016). Sehingga gumpalan yang terlihat pada permukaan sampel adalah hasil aglomerasi dari partikel Ag.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM dengan Perbesaran 20.000x pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit

4.3.2 Analisa Kekasaran

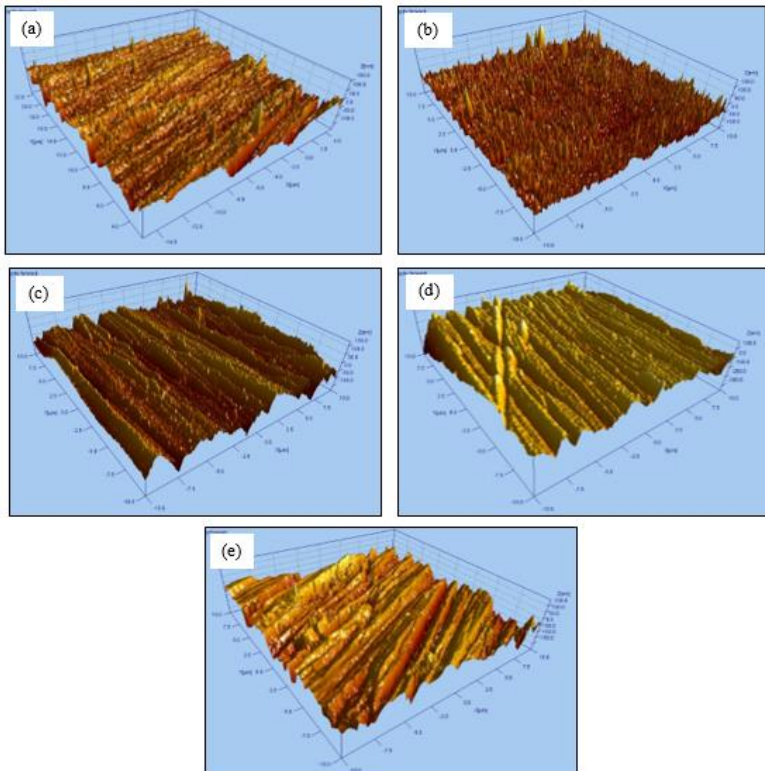
Analisa kekasaran diperlukan untuk mengetahui tingkat kekasaran dari permukaan lapisan tipis Ag-TiO₂ yang dihasilkan. Pengujian kekasaran ini menggunakan Atomic Force Microscopy (AFM). Kekasaran permukaan bisa dianalisa menggunakan Sa dan Sz. Material yang paling kasar memiliki nilai Sa dan Sz yang tinggi (Olympus, 2013). Data mean tinggi (Sa) dan tinggi maksimum (Sz) dari substrat SS316L yang telah dilapisi oleh Ag-TiO₂ dapat dilihat pada tabel 4.5.



Tabel 4.5 Nilai Sa dan Sz Lapisan Tipis Ag-TiO₂

Sampel	Sa (nm)	Sz (nm)
0	15.5	177
30 menit	11.4	289
40 menit	16.5	293
50 menit	26.5	302
60 menit	34.2	524

Pada tabel 4.5, dapat dilihat untuk sampel dengan waktu deposisi 30 menit memiliki tingkat kekasaran permukaan yang paling rendah yaitu 11.4 nm. Sedangkan untuk sampel dengan waktu deposisi 60 menit memiliki tingkat kekasaran permukaan yang paling tinggi yaitu 34.2 nm. Pada gambar 4.4 yang merupakan gambar topografi 3D dari masing-masing sampel. Terlihat bahwa pada gambar bagian (d) warna cerah mendominasi permukaan sampel dengan waktu deposisi 60 menit. Sedangkan pada gambar 4.4 bagian (c) terlihat warna gelap mendominasi permukaan sampel dengan waktu deposisi 30 menit. Warna cerah pada pengujian AFM menandakan bahwa daerah tersebut adalah daerah dengan permukaan yang tinggi (kasar). Dan warna gelap pada pengujian AFM menandakan bahwa daerah tersebut memiliki permukaan yang rendah (halus) (Haugstad, 2012).



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kekasaran Lapisan Tipis Ag-TiO₂ pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit, (e) substrat SS 316L.

Jika dikaitkan dengan hasil SEM pada gambar 4.3, maka dapat dikatakan bahwa kekasaran meningkat seiring dengan bertambahnya aglomerat Ag yang ada pada permukaan sampel. Aglomerat Ag inilah yang menambah kekasaran permukaan sampel. Selain itu, berdasarkan hasil EDX lapisan tipis (tabel 4.2) TiO₂ yang terdeposit pada substrat mengakibatkan semakin kasarnya permukaan sampel. Hal ini serupa dengan penelitian yang

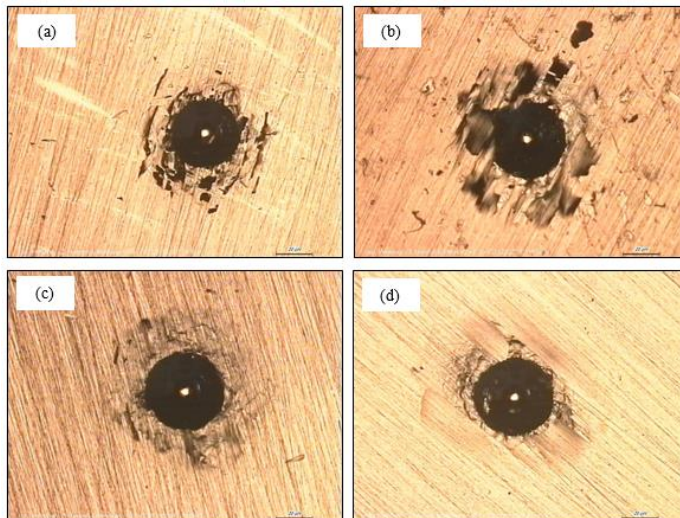


dilakukan oleh Takahashi dkk bahwa semakin banyaknya TiO_2 pada lapisan tipis membuat lapisan tipis tersebut semakin kasar.

Berdasarkan penelitian Alla, dkk, semakin tinggi tingkat kekasaran dari implant tulang maka semakin mudah sel osteoblast untuk menempel pada implant dan berintegrasi dengan jaringan tulang. Sehingga sampel dengan waktu deposisi 60 menit merupakan kandidat yang paling baik untuk implant tulang.

4.4 Analisa Kekuatan Adhesi

Analisa kekuatan adhesi lapisan tipis Ag-TiO_2 menggunakan metode *Rockwell-C Adhesion Test*. Pengujian ini dilakukan dengan merusak lapisan tipis hingga menyebabkan kegagalan secara kohesif dan adhesif (Heinke, dkk. 1995). Pembebanan yang diberikan pada tiap sampel adalah sama. Hasil uji dibandingkan dengan standar pengujian adhesi pada penelitian Heinke dkk yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit.



Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian secara visual menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 10x. Jika dibandingkan dengan standar pengujian adhesi pada penelitian Heinke dkk, maka untuk sampel dengan waktu deposisi 30 menit (gambar 4.5.a) termasuk kekuatan adhesi tingkat HF 5 yang berarti sangat buruk. Hal ini terlihat dari terkelupasnya lapisan tipis yang berada di sekitar titik pembebanan. Selain itu terlihat penjalaran retak yang memanjang dari pusat pembebanan. Untuk sampel dengan waktu deposisi 40 menit (gambar 4.5.b) termasuk kekuatan adhesi tingkat HF 4. Hal ini terlihat dari berkurangnya lapisan tipis yang terkelupas ketika diberi pembebanan. Walaupun masih terlihat penjalaran retak yang memanjang dari pusat pembebanan. Sedangkan untuk sampel dengan waktu deposisi 50 menit dan 60 menit (gambar 4.5.c dan 4.5.d) memiliki tingkat adhesi yang lebih baik yaitu pada tingkat HF 2. Terlihat dari sedikitnya daerah yang mengalami keretakan saat diberi pembebanan. Terlihat pula hampir tidak ada permukaan yang terkelupas setelah diberi pembebanan.

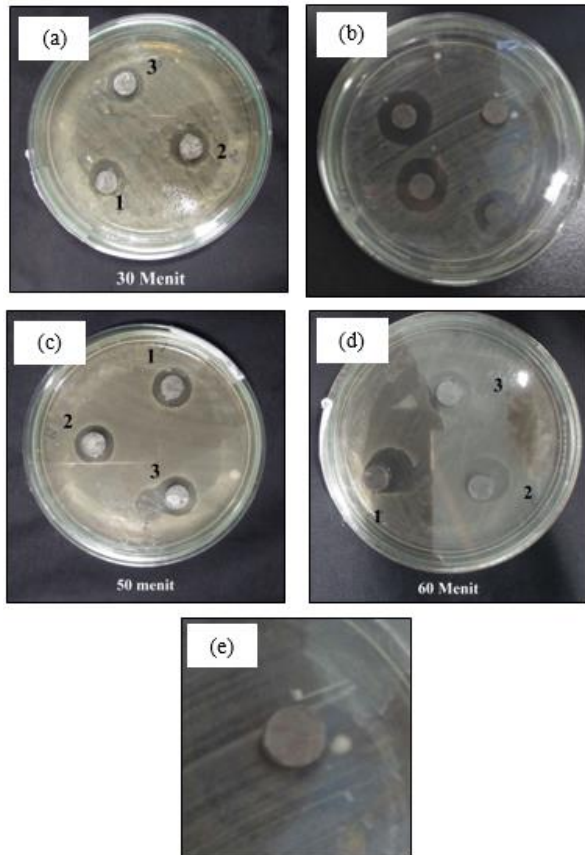
Jika dikaitkan dengan hasil EDX (tabel 4.2) dan hasil pengukuran ketebalan (tabel 4.4) maka sampel dengan waktu deposisi 30 menit memiliki jumlah partikel Ti dan O yang paling sedikit. Sedangkan sampel dengan waktu deposisi 60 menit memiliki jumlah partikel Ti dan O yang paling banyak terdeposit ke permukaan substrat. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin banyaknya jumlah TiO_2 yang terdeposit ke permukaan substrat mengakibatkan semakin sedikitnya permukaan yang terkelupas ketika diberi pembebanan. Hal ini berarti penambahan TiO_2 ke dalam lapisan tipis Ag dapat meningkatkan sifat mekanik dari lapisan Ag- TiO_2 (Kocourek, dkk. 2014).

4.5 Analisa Antimicrobial

Pengujian *antimicrobial* dilakukan pada seluruh sampel dengan metode *disk diffusion test*. Pengujian ini menggunakan bakteri *S. Aureus*. Sebelum dilakukan pengujian, seluruh sampel diberi perlakuan berupa aktivasi sifat *antimicrobial* dari lapisan



tipis Ag-TiO₂. Aktivasi sifat *antimicrobial* Ag menggunakan larutan NaClO (Patricia, 2017). Sedangkan untuk aktivasi sifat *antimicrobial* dari TiO₂ menggunakan lampu UV 30 watt (Paul, 2006). Gambar hasil pengujian *antimicrobial* dari tiap lapisan tipis ada pada gambar 4.5.



Gambar 4.6 Pengujian Antimicrobial Lapisan tipis Ag-TiO₂ pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit, (e) substrat SS316L.

BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA



Tabel 4.6 Zona Inhibisi Lapisan Tipis Ag-TiO₂

Sampel	Zona Inhibisi (mm)
0 menit	0
30 menit	7.5 ± 0.81
40 menit	8.5 ± 0.5
50 menit	9
60 menit	10.3 ± 0.58

Gambar 4.6 merupakan foto hasil pengujian *antimicrobial* dari tiap sampel lapisan tipis Ag-TiO₂. Dari gambar tersebut jelas terbukti bahwa substrat dengan lapisan tipis Ag-TiO₂ mampu memberikan efek inhibisi terhadap bakteri *S. Aureus* dibandingkan dengan substrat yang tidak dilapisi. Dan untuk lebar zona inhibisi dari tiap lapisan dapat dilihat pada tabel 4.6. Sampel dengan waktu deposisi 30 menit menghasilkan zona inhibisi yang paling rendah yaitu 7.5 mm. Sedangkan sampel dengan waktu deposisi 60 menit menghasilkan zona inhibisi yang paling tinggi yaitu 10.3 mm. Hal ini berarti semakin lamanya waktu deposisi mengakibatkan semakin meningkatnya zona inhibisi dari lapisan tipis Ag-TiO₂.

Jika dikaitkan dengan hasil EDX (tabel 4.2) dan hasil pengukuran ketebalan (tabel 4.5) maka dapat dikatakan bahwa meningkatnya zona inhibisi dikarenakan semakin tebalnya lapisan tipis Ag-TiO₂. Ketebalan ini bertambah seiring dengan semakin banyaknya Ag dan TiO₂ yang terdeposit ke permukaan substrat. Semakin banyaknya Ag yang terdeposit ke permukaan substrat mengakibatkan semakin banyaknya partikel Ag yang teraktivasi dan menjadi ion Ag. Ion Ag ini yang memiliki efek *antimicrobial* yang sangat kuat terhadap mikroorganisme (Moerman, 2015). Sedangkan semakin banyaknya TiO₂ yang terdeposit ke permukaan substrat menyebabkan semakin banyaknya TiO₂ yang teraktivasi dan menghasilkan *reactive oxygen species* yang mampu untuk membunuh bakteri.



Namun, pada teori yang telah dijelaskan di bab II dikatakan bahwa zona inhibisi standar untuk unsur Ag terhadap bakteri *S. Aureus* adalah 12 mm. Sedangkan zona inhibisi yang dihasilkan dari lapisan tipis Ag-TiO₂ ini lebih kecil daripada zona inhibisi standar untuk unsur Ag. Tetapi berdasarkan SNV 195920 bahwa spesimen dapat dikategorikan sebagai anti bakteri yang baik adalah memiliki zona inhibisi lebih dari 10mm (Ferrari, dkk. 2015). Maka sampel dengan waktu deposisi 60 menit merupakan kandidat yang paling baik untuk implant tulang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Perbedaan waktu deposisi menyebabkan semakin tebalnya lapisan tipis Ag-TiO₂. Ketebalan ini dikarenakan semakin banyaknya partikel Ag dan TiO₂ yang terdeposit ke permukaan substrat. Sampel dengan waktu deposisi 60 menit memiliki ketebalan yang paling tinggi yaitu 990.8 nm dengan komposisi 95.46% Ag, 01.79% Ti, dan 02.75% O. Hal ini mengakibatkan semakin banyaknya terbentuk aglomerat Ag pada permukaan substrat. Aglomerat ini menyebabkan sampel ini memiliki rata-rata kekasaran permukaan yang paling tinggi yaitu 34.2 nm. Selain itu, sampel dengan waktu deposisi 60 menit ini juga memiliki sifat mekanik yang paling baik. Hal ini dikarenakan banyaknya TiO₂ yang terdeposit ke permukaan substrat dan menambah sifat mekanik dari lapisan tipis sehingga lapisan tipis tidak mudah retak ketika diberi pembebanan.
2. Kemampuan *antimicrobial* dari lapisan tipis Ag-TiO₂ dipengaruhi oleh banyaknya partikel Ag yang terdeposit ke permukaan substrat. Sampel dengan waktu deposisi 60 menit memiliki lebar zona inhibisi yang paling luas yaitu 10.3 mm. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya Ag yang teraktivasi ketika direaksikan dengan NaClO dan semakin banyak pula TiO₂ yang teraktivasi oleh sinar UV.

V.2 Saran

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai material *antimicrobial* dalam bentuk lapisan tipis



-
2. Dilakukan penambahan rasio luas area target dari TiO_2 agar semakin banyak permukaan TiO_2 yang bisa terdeposisi ke permukaan substrat.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadpourian A, Luna C, Boochani A, Arman A, Achour A, Rezaee S, Naderi S. 2016. “*The Effect of Deposition Time on Surface Morphology, Structural, Electrical and Optical Properties of Sputtered Ag-Cu Thin Films*”. **Eur. Phys. J. Plus** (2016) 131:381.
- Alla RK, Gijupalli K, Negaraja U, Mohammed S, Rama KR, Ravichandra S. 2011. “*Surface Roughness of Implants*” **Trends Biomater.** **112 – 118.**
- Alexandru, M.G. 2016. **Surface Chemistery of Nanobiomaterials: Applications of Nanobiomaterials.**
- Alvarado, dkk. 2003. “*Biomechanics of Hip and Knee Prostheses*”. **Applications of Engineering Mechanics in Medicine.**
- Anandalakshmi K, Venugobal J, Ramsamy V. 2016. “*Characterization of silver nanoparticles by green synthesis method using Pedalium murex leaf extract and their antibacterial activity*”. **Appl Nanosci** (2016) **6:399–408.**
- ASM International. 2008. **Specialty Handbook: Stainless Steels.**
- ASTM International. “*A 240. Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications*”. **United States.**
- Azom. 2001. *Stainless Steel – Grade 316 (UNS S31600)*. [URL:http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=863](http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=863)
- Dutheil P, Thomam AL, Lecas T, Vayer M. 2015. “*Sputtered Ag thin films with modified morphologies: influence on wetting property*”. **Applied Surface Science, Elsevier, 2015, 347, pp.101-108.**
- Fansworth, N. R. 1969. “*Biological and Phytochemical Screening of plants*”. **Journal Pharmaceutical Science.**
- Farouqi AMD, Chauhan PS, Moorthy PK, Shaik J. 2010. “*Extraction of silver nanoparticles from the leaf extracts*



- of *Clerodendrum Inerme*". **Dig. J. Nanomater. Biostruct. 5.**
- Feng, dkk. 2000. "*A Mechanistics study of antibacterial effect of Silver Ions on E. Coli and Staphylococcus aureus*". **John Wiley & Sons Inc.**
- Ferreri, I. 2015. "*Silver activation on thin films of Ag-ZrCN coatings for antimicrobial activity*". **Materials Science and Engineering C 55 (2015) 547-555.**
- Fujishima, A., Hashimoto, K., Watanabe, T. 1999. *TiO₂, Photocatalysis Fundamental and Applications.* **BKC. Inc. Tokyo.**
- Geller J dan Veisfeld N. 1988. "*Ion sputtering Yield Measurements for Submicrometer Thin Films*". **JVST 6, 3, Part II.**
- Greenwood. 1995. "*Antibiotic susceptibility (sensitivity) test, antimicrobial and chemotherapy*". **USA: Mc Graw Hill Company.**
- Guillen C dan Herrero J. 2015. "*Surface-properties relationship in sputtered Ag thin films: Influence of the thickness and the annealing temperature in nitrogen*". **Applied Surface Science.**
- Gupta, R. 2013. "*Photocatalytic antibacterial performance of TiO₂ and Ag-doped TiO₂ against S. aureus.P. aeruginosa*". **Beilsten Journal of Nanotechnology.**
- Haugstad, G. 2012. "*Atomic Force Microscopy: Understanding Basic Modes and Advanced Applications*". **John Wiley & Sons, Inc.**
- Heinke W dkk. 1995. "*Evaluation of PVD nitride coatings, using impact, scratch and Rockwell-C adhesion tests*". **Thin Solid Films 270.**
- Isai M, Ito T, Endo T, Hoshi Y. 2010. "*Preparation of TiO₂ Thin Films by RF Magnetron Sputtering Method and Their Photocatalytic Properties*". **Transactions of The Materials Research Society of Japan.**
-



- Jung, dkk. 2008. “Antibacterial Activity and Mechanism of Action of the Silver Ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*”. **Applied and Environmental Microbiology**.
- Khan, I. H. 1970. “*Handbook of Thin Film Technology*”, (L. Maissel and R. Clang, eds.) **10-1, McGraw-Hill**.
- Kocourek T, Jelinek M, Jurek K, Weiserova M. 2014. “Silver Doped Metal Layers for Medical Applications”. **Journal of Physics: Conference Series 497 (2014) 012021**.
- Kristopher P, Palgrave RG, Parkin IP, Wilson M. 2006. “Titanium and silver–titanium composite films on glass—potent antimicrobial coatings”. **Journal of Materials Chemistry**.
- Kumar K dan Rani R. 2013. “Structural Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized by Micro emulsion Route”. **International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 3, Issue 3**.
- Liu W, Liang R, Hu Anming, Zhou N. 2014. “Generation of oxygen vacancies in visible light activated one-dimensional iodine TiO₂ photocatalysts”. **RSC Adv., 2014, 4, 36959–36966**.
- Lidgren L, Knustson K, Stefansdottir A. “Infection and Arthritis: Infection of Prosthetic Joints”. **Best Pract Res Clin Rheumatol. 17(2) :209-18**.
- Mahan, J. E. 2000. “Physical Vapor Deposition of Thin Films”. **John Wiley & Sons, New York**.
- Moerman, Frank. 2015. “Antimicrobial Materials, Coatings and Biomimetic Surfaces With Modified Microtopography To Control Microbial Fouling Of Product Contact Surfaces Within Food Processing Equipment: Legislation, Requirements, Effectiveness and Challenges”. **Journal of Hygienic Engineering and Design**.
- Navabpour, Parnia dkk. 2014. “Photocatalytic TiO₂ and Doped TiO₂ Coatings to Improve the Hygiene of Surfaces Used in Food and Beverage Processing—A Study of the Physical
-



- and Chemical Resistance of the Coatings". **Coatings** **2014**, **4**, 433-449.
- Nowotny J. 2008. "Titanium dioxide-based semiconductors for solar-driven environmentally friendly applications: impact of point defects on performance". **Energy & Environmental Science**.
- Ollis, D.F., & Al-Ekabi (editor). 1993. "Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air". **Elsevier, Amsterdam**.
- Olympus. 2013. **Roughness (3D) parameter**. <URL: http://www.olympusims.com/en/knowledge/metrology/roughness/3d_parameter/>
- Ostovarpour S, Navabpour P, Hampshire J, Verran J, Cooke K. 2014. "The effect of process parameters on the structure, photocatalytic and self-cleaning properties of TiO₂ and Ag-TiO₂ coatings deposited using reactive magnetron sputtering". **Thin Solid Films** **571** (2014) 75–83.
- Othman, dkk. 2014. "Antimicrobial Activity of TiO₂ Nanoparticle-Coated Film for Potential Food Packaging Applications". **International Journal of Photoenergy Vol. 2014**.
- Parker, Sybil P. 1985. "Dictionary of Chemical Terms". **McGraw-Hill, New York**.
- Parsons, Robert. 1991. "Sputter Deposition Processes". **Department of Physics The University of British Columbia Vancouver**.
- Patricia, P. dan Laurence, J. 2017. "Optimizing Antimicrobial Agents in Endodontics". **Antibacterial Agents**.
- Paul, M. Kuznesof. 2006. "Titanium Dioxide". **Chemical and Technical Assessment**.
- Paul D, Paul S, Roohpour N, Wilks M, Vadgama P. 2013. "Antimicrobial, Mechanical and Thermal Studies of Silver Particle-Loaded Polyurethane". **J. Funct. Biomater.** **2013**, **4**, 358-375.
- Percival SL, Bowler PG, Russell D. 2005. "Bacterial resistance to silver in wound care". **Journal of Hospital Infection**.
-



- Q Wu, D Li, Y Hou, L Wu, X Fu, X Wang. “*Study of relationship between surface transient photoconductivity and liquid-phase photocatalytic activity of titanium dioxide*”. **Mater Chem Phys**, **102(2007) 53**.
- Quang, Huy Tran. 2013. “*Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives*”. **Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology**.
- Raghupathy Y, Natarajan KA, Srivastava C. 2016. “*Anti-corrosive and anti-microbial properties of nanocrystalline Ni-Ag Coatings*”. **Materials Science and Engineering B**.
- Rakocevic Z, Petrovici R, Strbac S. 2008. “*Surface roughness of ultra-thin silver films sputter deposited on a glass*”. **Journal of Microscopy**, Vol. 232, Pt 3 2008, pp. 595–600.
- Rao, M. V. 2006. “*Titanium Dioxide*”. **Chemical and Technical Assessment**.
- Reynolds, Jackie. 2011. “*Kirby-Bauer Test for Antibiotic Susceptibility*”.
- Rodrigues, M dkk. 2016. “*Functional behaviour of TiO₂ films doped with noble metals*”. **Materials Science Department – University of Romania**.
- Santhosh, S. dan Natarajan, Kandasamy. 2015. “*Antibiofilm Activity of Epoxy/Ag-TiO₂ Polymer Nanocomposite Coatings against Staphylococcus Aureus and Escherichia Coli*”. **Coatings 2015, 5, 95-114**.
- Soo-Hwan, Kim dkk. 2011. “*Antibacterial Activity of Silver-nanoparticles Against Staphylococcus aureus and Escherichia coli*”. **Korean J. Microbiol. Biotechnol**.
- Theivashanti, T. dan Alagar, M. 2011. “*Anti-bacterial Studies of Silver Nanoparticles*”. **Department of Physics, PACR Polytechnic College**.
- Velasco SC, Cavaleiro A, Carvalho S. 2016. “*Functional properties of ceramic-Ag nanocomposite coatings*”.
-



*produced by magnetron sputtering”. **Progress in Materials Science 84 (2016) 158-191.***

Vishnu, Shankar dkk. 2014. *“Effect of Ag content on the microstructure, tribological and corrosion properties of amorphous carbon coatings on 316L SS”*. **Surface and Coating Technology.**

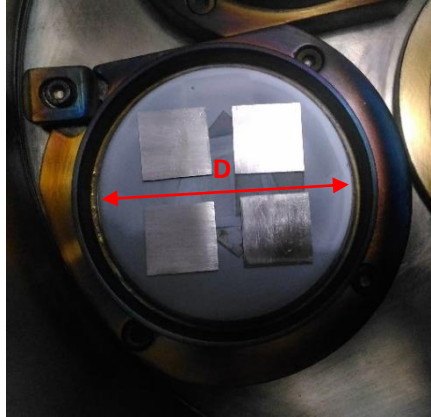
Wojcieszak D, Mazur M, Kalisz M, Grobelny M. 2016. *“Influence of Cu, Au, and Ag on structural and surface properties of bioactive coatings based on titanium”*. **Materials Science and Engineering C.**



LAMPIRAN 1

PEHITUNGAN LUAS AREA TARGET

A. Mencari 50% Luas Area Target TiO_2



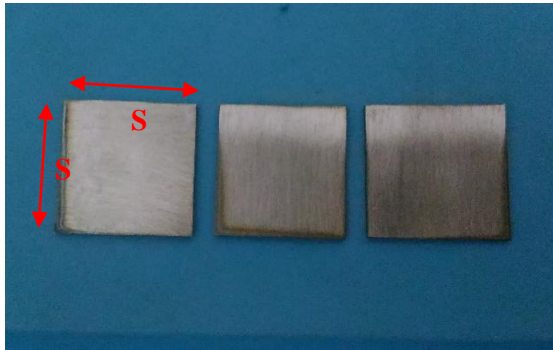
Gambar 1. Material Target TiO_2

$D = \text{Diameter } \text{TiO}_2 = 75 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Luas Area Target } \text{TiO}_2 &= 50\% \times \frac{1}{4} \pi D^2 \\ \text{Luas Area Target } \text{TiO}_2 &= 50\% \times \frac{1}{4} \pi 75^2 \\ \text{Luas Area Target Ag} &= 2208.93 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$



B. Mencari 50% Luas Area Target Ag



Gambar 2. Material Target Ag

- Luas Area Ag = 50% x Luas total TiO₂
Luas Area Ag = 50% x $\frac{1}{4} \pi 75^2$
Luas Area Ag = 2208.93 mm²
- Luas Area 1 plat Ag = 20 x 20
Luas Area 1 plat Ag = 400 mm²
- Jumlah plat Ag yang dibutuhkan :
Plat Ag = $\frac{2208.93}{400}$
Plat Ag = 5,52 \approx 6 plat.



Gambar 3. Mozaik Ag-TiO₂ 50:50



LAMPIRAN 2

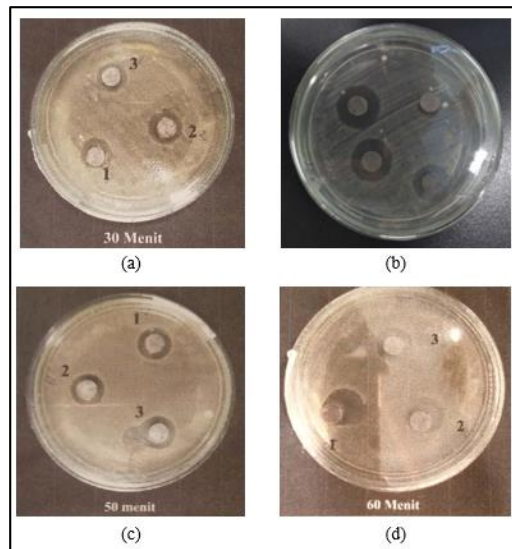
PERHITUNGAN ZONA INHIBISI LAPISAN TIPIS Ag-TiO₂

Rumus menghitung zona inhibisi :

$$D_{zona} = D_{total} - D_{substrat}$$

Rata-rata Inhibisi :

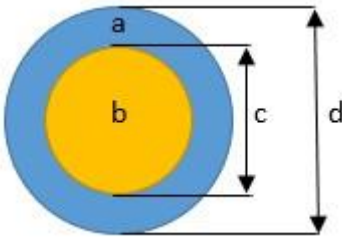
$$Rata - rata Inhibisi = \frac{D_{zona\ 1} + D_{zona\ 2} + D_{zona\ 3}}{3}$$



Gambar 4. Area inhibisi sampel



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS



Keterangan :

- a. Zona Bening
- b. Substrat
- c. Diameter substrat
- d. Diameter total

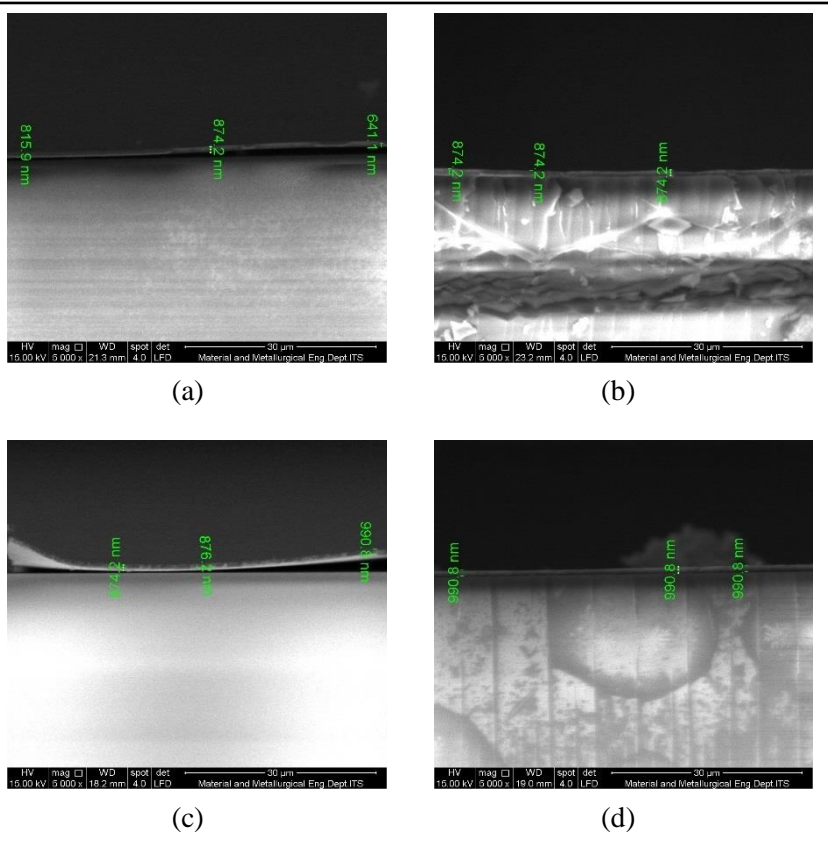
Tabel 4. Pehitungan Zona Inhibisi

No	Sampel	D _{total} (mm)	D _{substrat} (mm)	D _{zona} (mm)	Rata-Rata (mm)
1	30 menit	16.6	10	6.6	7.5 ± 0.81
		18	10	8	
		18	10	8	
2	40 menit	19	10	9	8.5 ± 0.5
		18	10	8	
		18.5	10	8.5	
3	50 menit	19	10	9	9
		19	10	9	
		19	10	9	
4	60 menit	20	10	10	10.3 ± 0.58
		21	10	11	
		20	10	10	



LAMPIRAN 3

PENGUKURAN KETEBALAN LAPISAN TIPIS Ag-TiO₂



Gambar 5. Pengukuran Ketebalan Lapisan Tipis Ag-TiO₂ menggunakan SEM dengan Perbesaran 5000x pada sampel : (a) 30 menit, (b) 40 menit, (c) 50 menit, (d) 60 menit.



(halaman ini sengaja dikosongkan)



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Pradita Kusumah Wardani. Lahir di Cilegon pada tanggal 23 Agustus 1996 dari ayah bernama Agus Suwarto dan ibu bernama Nur Bani Hamidah. Penulis adalah anak pertama dari 3 bersaudara yang pernah menempuh Pendidikan di TK Al-Azhar Syifa Budi YPWKS Cilegon, lalu SD Al-Azhar Syifa Budi YPWKS Cilegon, lalu SMPN 1 Cilegon, lalu SMAN Cahaya Madani Banten Boarding School (CMBBS) dan melanjutkan Pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS melalui jalur SNMPTN 2014.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan di kampus antara lain menjadi Wakil Kepala Departemen Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) ITS, Wakil Kepala Departemen Kaderisasi Ashabul Kahfi, Bendahara Umum NACE SC-ITS, Panitia TENDAKU 2015, Panitia Silver Parade, dan beberapa kepanitiaan pelatihan di kampus. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan seperti Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar, Pelatihan Manajemen Organisasi HMMT ITS, Pelatihan LKMM TD, dan pelatihan lainnya yang diselenggarakan di kampus. Selain itu, penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Fisika Dasar. Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT. Krakatau Steel selama satu bulan.



(halaman ini sengaja dikosongkan)